H.W. Hellyer

Come utilizzare in modo perfetto il vostro impianto stereofonico

manuale stereo

un libro di HIFI musica

H. W. Hellyer

MANUALE STEREO

è un libro

Fountain Press

CESCO CIAPANNA EDITORE

Volumi pubblicati sulla stessa collana:

ABC DELL'HI-FI di Jordan Earl
MANUALE STEREO di H.W. Hellyer
MANUALE AUDIO di Gordon Y. King

Copyright Cesco Ciapanna Editore spa - Via Lipari, 8 - Roma 1977
Impaginatore: Gianfranco Raimondi
Printed in Italy — Tipolitografia INTERSTAMPA - Tel. 5403349

Indice

Prefazione 7

Un pò di storia 9

La teoria di Rayleigh - L'analogia stereofonica - Un orecchio un occhio - Il battimento binaurale - Definizioni - I primi esperimenti - Trasmissioni con due emittenti - Il sistema del New Haven - Sviluppo della registrazione stereofonica - Il brevetto di Blumlein - Stereofonia con solco singolo - Arriva la registrazione su nastro - « Oscar » - Un esperimento storico - La pausa - In costante sviluppo - L'incentivo dei films - Sviluppo del disco - L'impulso del PVC - Gli sviluppi successivi

Principi auditivi 33

Le variazioni di intensità - Struttura dell'orecchio - Valli e picchi - I rapporti strutturali - I dispositivi di protezione - La risposta in frequenza - Il mascheramento e la Stereofonia - Direzionalità

Stereofonia e cinema 53

Il ping-pong sperimentale - Lo stereo Sound Film System (SSFS) - Il « Companding » - La codifica del segnale - Fantasia - TOGAD - Le alternative - Verso molte tracce - La compatibilità - La moda del multicanale - Il sistema Haas - La ripresa filmata elettronica - I filmati per la TV - Il futuro

Stereofonia su disco 71

Popolarità del disco - I primi passi - La lavorazione del disco - Il compromesso - La storia della stereofonia - I « masters » - I solchi - Il negativo - La « madre » - Lo stam-

paggio - La stampa a rilievo - Lo spessore dei dischi - La riproduzione

Radiostereofonia 89

La compatibilità - La modulazione di frequenza - I primi metodi di trasmissione - Gli esperimenti TV/radio - Il « multiplexing » - Ulteriori sistemi - Alla ricerca della qualità - Il tono pilota - I segnali somma e differenza - La Decodifica - Decodifica a inviluppo - La decodifica matrix - I circuiti a fase chiusa - I sintonizzatori stereofonici - Rapporto S/N e sensibilità - Il « quieting » - Effetto del rumore - Il segnale fedele - La modulazione ad impulsi di codice - In pratica

Stereoacustica 123

Condizioni di ascolto - Il tempo di riverberazione - Gli auto-toni o frequenze proprie - I diffusori per la stereofonia - L'apertura stereofonica - Il diffusore - Progettazione di un altoparlante - I pericoli connessi alla bassa impedenza - Il gruppo cross-over - I materiali e la preparazione - I coni ideali - La forma del cono - L'unità degli acuti - Il contenitore - Il « baffle » - I sistemi a tromba (o a labirinto) - Il « bass reflex » - Sistemi a sospensione pneumatica - Le casse monitor - I compatti - Le cuffie stereofoniche

Microfoni, testine e nastri 157

La pressione - L'intervallo di intensità - La propagazione dell'onda - I tipi di microfono - Microfoni del tipo a onda - Il microfono piezoelettrico - Il microfono a cella sonora - Il tipo ADP - I microfoni dinamici - I microfoni a nastro - I microfoni capacitivi - I microfoni a elettreti - I diagrammi polari - Direttività - Le norme DIN - La scelta del microfono - La messa in fase - La posizione - Le tecniche direzionali - Le prove Ceoen - I sitemi artificiali e quelli reali - Tutto dipende - I miscelatori - La testina stereofonica da grammofono - Le caratteristiche della testina - La complianza - Le testine del tipo somma e differenza - Le testine a forza diretta - I tipi a bobina mobilie - Il tracciamento - Stereofonia su nastro - Progetto della testina

Stereofonia e alta fedeltà 201

Definizione di hi fi - La gamma dinamica - Il decibel - I livelli in decibels - Gli svantaggi dei filtri - Le forme d'onda complesse - Le specifiche degli amplificatori -

I sintonizzatori radio - Le altre specifiche - I registratori a nastro

Quadrifonia 229

Un compromesso - La semantica - I sistemi rivali - I quattro canali discreti - Il sistema matrix - I sistemi SQ - La decodifica SQ - La codifica QS - I microfoni e le cuffie

Riparazione di apparecchi stereo 250

La separazione fra i canali - Il problema del controllo dei dati tecnici - L'uguaglianza - I fattori in comune - Alcune regole pratiche - La commutazione dei canali - Alcune prove particolari - L'approccio profesionale - La strumentazione - L'adattamento - Il sistema di lettura - La comodità - La distorsione - La visualizzazione - I test di laboratorio - Risposta in frequenza - La distorsione - Le prove con l'onda quadra - La sensibilità - Il rapporto segnale-rumore - Le misure dei registratori - Precauzioni

Prefazione

Scopo di questo libro è quello di informare e suscitare interesse e perciò sono stati evitati i dettagli tecnici, che possono tuttavia essere approfonditi in altre pubblicazioni.

Alcuni di voi si chiederanno come mai la scelta del titolo è caduta su *Manuale Stereo* e non semplicemente « HiFi »: non sono interscambiabili i due termini? Non lo sono, per due semplici motivi.

Prima di tutto ho sempre sostenuto che un buon apparecchio mono sia da preferire ad un cattivo stereo, a dispetto naturalmente di quei mediocri costruttori di cui ho dovuto provare gli apparecchi. Ho avuto modo di gustare più alta fedeltà dal mio vecchio amplificatore mono Williamson che non da molti cosiddetti *sistemi stereofonici d'alta fedeltà.*

In secondo luogo c'è la quadrifonia che sta prendendo piede. Che piaccia o no, il suono « avvolgente » alla fine romperà anche quelle barriere che per ora sembrano insormontabili. Per quel che mi riguarda devo confessare che non ho ancora avuto prove dimostrative veramente convincenti, anche se molti altri, di cui rispetto la serietà professionale, mi hanno detto di averne avute. Così ho inserito un capitolo sull'argomento e sul suo attuale stato, anche se mi rendo conto che al momento della pubblicazione molte altre cose saranno già acquisite.

Amici come Edward Tatnall Camby e George Tillet in America e molte persone della Sony in Giappone, dai nomi impronuncia-

bili, sono stati la maggior fonte d'informazione per me, ed ai loro consigli ho fatto sempre riferimento.

Infine, come d'uso, voglio ringraziare tutti coloro che hanno contribuito in vario modo alla preparazione di un libro che ho portato a termine con l'entusiasmo di un ricercatore. In particolare l'Editore, Norman Stevens, *Inquisitor Extraordinaire*, i miei amici tecnici Gordon J. King e John Linsley Hood che mi hanno continuamente corretto. I miei colleghi d'ogni giorno, che col loro senso pratico hanno fatto sì che molti errori banali venissero evitati, e le case costruttrici, che ho già avuto modo di ringraziare nel corso del testo, per il materiale fotografico e l'assistenza fornita.

H. W. Hellyer

BRISTOL 1973

Durante le fasi finali per la preparazione di questo libro siamo rimasti colpiti per l'improvvisa morte dell'autore H. W. (« Mac ») Hellyer, alla prematura età di 49 anni.

I suoi numerosi amici dell'industria e del giornalismo tecnico sentiranno molto la sua mancanza. I suoi scritti, che hanno mostrato la sua profonda conoscenza di questi argomenti e il suo umorismo secco e incisivo, continueranno tuttavia a vivere e formano una degna testimonianza dell'opera di uno che rimpiangeremo sempre.

Febbraio, 1974 *Norman Stevens*

1. Un po' di storia

Scavare nel passato può essere divertente, oppure profondamente irritante, specialmente quando si vanno a ricercare i precursori di certe tecniche. Se guardate un lavoro inglese sul suono troverete citato Lord Rayleigh come il padre della stereofonia, mentre i libri americani non tengono addirittura in alcun conto qualsiasi cosa precedente a Martin e Flechter; in Germania invece il precursore sembra essere stato Clement Ader nel 1881, mentre gli olandesi reclamano la priorità assoluta col compositore Adrian Willaert, che fin dal 1550 per i canti di chiesa utilizzava un sistema a due cori posti uno di fronte all'altro.

I musicisti rimarranno piuttosto delusi dal fatto che non faccio menzione di Vivaldi, che aveva il suo bel da fare, intorno al 1703, col suo ospedale per bambini non legittimati (disposti in piccoli cori agli angoli delle enormi gallerie), e con la versione ultima del Requiem di Berlioz, per la quale non si serviva del solito organo barocco diviso (una forma primitiva di vero suono avvolgente). In maniera assolutamente geniale il grande maestro sfruttava quattro orchestre complete disposte ai quattro angoli des Invalides, a significare i quattro angoli della terra che richiamano al giudizio le anime dei defunti.

Tuttavia questo non è un lavoro sulla musica, anche se l'appassionato d'alta fedeltà dovrebbe avere interessi musicali, a meno che non si voglia diventare cacciatori di suoni, sul tipo di quelli descritti in modo unico da Michael Flanders e Donald Swann. Piuttosto, nelle pagine seguenti più che tracciare gli sviluppi del suono stereofonico, vorrei parlare di alcune fra le tecniche usate per la sua produzione e riproduzione, introducendo di volta in volta quel minimo di teoria necessaria a rendere le spiegazioni più comprensibili. Questo è tutto!

La teoria di Rayleigh

Lasciando da parte la vera e propria produzione musicale di effetti sonori di una certa consistenza, torniamo indietro nel tempo e precisamente al 1896, anno in cui Lord Rayleigh scriveva nel secondo volume del suo *Theory of Sound* che la localizzazione di una sorgente sonora da parte dell'orecchio avviene, per quel che riguarda le basse frequenze, tramite differenze di fase, mentre per le frequenze più alte quello che conta sono le differenze di intensità.

Questo argomento è valido, a parte i dettagli, ancora oggi. Bisogna partire dal concetto fondamentale che ogni sistema sonoro a più canali ha lo scopo di riprodurre il suono originale, aiutando il nostro orecchio a localizzare la direzione e i vari elementi che, messi assieme, contribuiscono a formare il prodotto finale dell'ascolto.

Lord Rayleigh effettuava i suoi esperimenti servendosi di tubi tenuti premuti sulle orecchie e di una coppia di diapason per produrre il suono. L'ascoltatore percepiva il segnale come proveniente di fronte a sè. La stessa idea — di separare il suono e

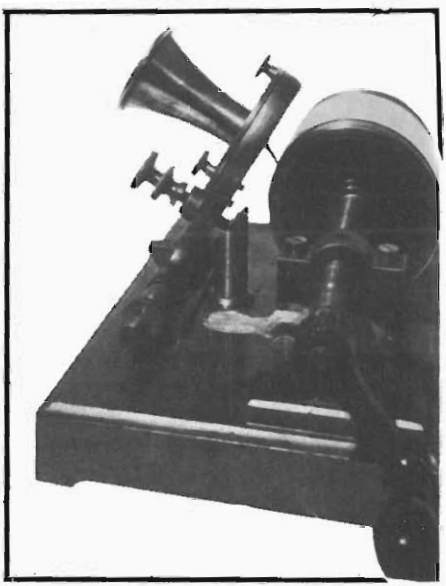


Fig. 1.1 Il fonografo originale di Edison venne costruito dal suo meccanico John Kruesi che si basò su uno schizzo ripreso dagli appunti del gran maestro, recante la data del 29 novembre 1877. Il brano registrato era di solito « Mary had a little lamb ». Questo modello è quello del 1878, migliorato rispetto agli altri con l'aggiunta di un volano. (Copyright Crown, Museo delle Scienze, Londra). Il modello nella foto è datato 1880 ed era utilizzato sia in registrazione che in riproduzione.

ascoltarlo separato a ciascun orecchio — era stata usata da Clement Ader, un ingegnere parigino, il cui brevetto, dal titolo « Improvements of Telephone Equipments for Theatres », reca la data del 30 agosto 1881, come risulta dai registri dell'ufficio brevetti dell'epoca. Riportiamo testualmente:

« I trasmettitori sono distribuiti sul palcoscenico in due gruppi, rispettivamente a destra e a sinistra. Inoltre vengono usati due ricevitori, ognuno collegato con un gruppo di microfoni. In questo modo l'ascoltatore può seguire sia le variazioni di intensità che di intonazione corrispondenti al movimento degli attori sul palcoscenico. Questo ascolto sdoppiato del suono, ricevuto e trasmesso da due sistemi differenziati, produce sull'orecchio lo stesso effetto che uno stereoscopio ha sull'occhio ».

Il sistema di Ader venne usato durante l'esposizione di Parigi e riscosse molti favori. Lo si potrebbe anche considerare la prima vera e propria « trasmissione », dato che i suoni venivano fatti arrivare, via filo, agli ascoltatori fuori dal teatro.

L'analogia stereofonica

Uno dei modi con cui molte pubblicazioni cercano di chiarire il significato del suono stereofonico si basa sulla analogia tra questo e la visione stereoscopica. Lo afferma anche Ader nei suoi primi lavori, e successivamente Ohnesorge che ne sviluppa alcuni aspetti (egli adattò la stanza di musica del palazzo del Principe della Corona di Prussia in modo simile a come aveva fatto Ader); ne troviamo traccia anche in alcuni lavori successivi di Manfred Von Ardenne e nel tentativo che si fece di vendere prodotti stereofonici, basati allora sulla *Stereofonia di Steidel*, la quale sfruttava sempre l'analogia suono-orecchio.

Che ciò sia poco corretto può risultare evidente a chiunque abbia avuto occasione di confrontare l'ascolto in cuffia con l'ascolto stereo proveniente da diffusori acustici o col suono originale. Meglio di me lo ha già spiegato Norman Crowhurst nel suo libro *Stereophonic Sound*, pubblicato nel 1957:

« Non esiste nel campo del suono nulla di simile a un quadro piatto o bidimensionale. Non sto dicendo che non ci sia alcuna differenza tra un suono stereofonico e uno normale, al contrario; ma questa differenza non si può spiegare banalmente disegnando semplicemente figure a due o tre dimensioni.

Le caratteristiche sonore e di ascolto che ci danno quella impressione di profondità sono abbastanza diverse da quelle luminose e visive le quali danno invece un'idea di ciò che vediamo ».

Un orecchio - Un occhio

Se osservate una scena con un occhio bendato vedrete le stesse cose di prima, nel senso che le immagini sono tutte in esatta relazione tra loro, i colori sembrano veri, ed eventuali variazioni di intensità vengono corrette dal cervello. Le sensazioni di distanza, di scala e di profondità sono analoghe a quelle ottenibili con l'uso di entrambi gli occhi. C'è, è vero, un piccolo cambiamento di prospettiva, cosa questa che può interessare al biologo, e che un architetto sarebbe in grado di valutare; inoltre per gli oggetti in rapido movimento diventa problematico misurare la velocità con la stessa accuratezza consentita dall'uso di entrambi gli occhi, tant'è vero che spesso alcuni arrivano a lamentarsi di averne « solo » un paio (avete mai assistito in tribunale alla ricostruzione di incidenti automobilistici?).

L'orecchio si comporta diversamente. Contrariamente a quello che comunemente si crede, la sua azione è più sottile di quella dell'occhio, non a caso abbiamo dedicato una parte del prossimo capitolo al meccanismo dell'udito. Se riuscite a rendervi sordi da un orecchio — e non è facile farlo artificialmente — i mutamenti del mondo circostante sono tali da infastidirvi e farvi sentire in non perfetto equilibrio. Non c'è alcun dubbio quindi che le cose vanno diversamente. Perché?

Ebbene, se chiedete spiegazioni ad un esperto ne saprete quanto prima, forse vi si confonderanno ancor di più le idee, come è successo a me. Considerate quelle grandezze come il tempo, la fase, l'intensità, l'altezza e tutti quei fattori collegati alla forma d'onda del suono, e che influenzano l'impressione sonora che percepiamo con l'orecchio. Una delle maggiori autorità nel campo è Albert B. Wood, il cui libro *Textbook of Sound* è stato pubblicato da Macmillan a New York nel 1930. Egli cita Hornbastel e Wertheimer come i primi ricercatori che proposero l'idea delle differenze di tempo, idea sulla quale avremo modo di ritornare in seguito.

Il battimento binaurale

Ma l'intensità e la fase, di cui abbiamo già parlato, erano studiate estesamente già dal 1877 da un certo S. P. Thomson,

che scriveva, sono contento di poterlo dire, su *The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science.*

Successivamente, vennero fatti dei lavori sulla teoria del « battimento binaurale », e sulla interazione e fusione di suoni che arrivano separatamente a ciascun orecchio, e C. E. Lane riportava nel Physical Review del 1925 che il fenomeno delle note udibili « dentro la testa » era effettivamente il risultato di localizzazioni di fase.

Nel maggio del 1958, Elliot M. Cramer e W. H. Huggins riferivano nel « Journal of the Acoustical Society of America » su *La creazione di picchi sonori tramite l'interazione binaurale.*

Questo signore aveva effettuato degli esperimenti, nel 1953, nei quali dimostrava che con uno stimolo binaurale si otteneva

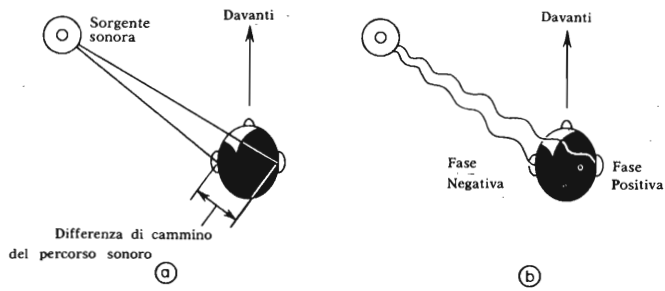


Fig. 1.2 (a) La « localizzazione » mentale di una sorgente sonora può essere fatta basandosi sulla differenza dei percorsi, ovvero sulla differenza del tempo d'arrivo. (b) L'orecchio « ricompone » la sorgente grazie alle differenze di fase della forma d'onda incidente, oltre che con le informazioni spazio-temporali.

una percezione abbastanza chiara di un picco sonoro, anche se stimoli separati (cioè i suoni in ciascun orecchio) non davano tale impressione. La sorgente era costituita da un amalgama di rumori.

In realtà egli usava, per un orecchio, rumore bianco, un miscuglio di suoni di uguale intensità e di frequenza variabile su tutto lo spettro di frequenze audio, mentre per l'altro orecchio usava lo stesso rumore, opportunamente sfasato in una banda di frequenze più ristretta.

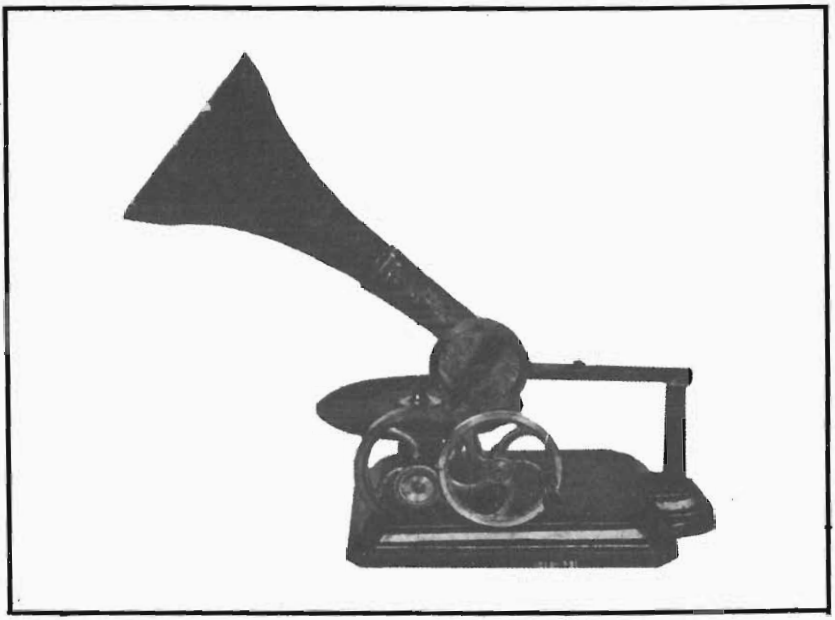


Fig. 1.3 Il primo grammofono, costruito in Germania da Kammerer e Reinhardt di Walershausen, dopo una visita di Emil Berliner. Data: 1889. (Copyright Crown, Museo delle Scienze, Londra).

Si può dimostrare, in definitiva, che il « picco » apparente del suono che si ottiene è dovuto a combinazioni di fase.

Il Dr. Colin Cherry, già famoso per il suo lavoro sull'« Effetto Cocktail Party », del quale parleremo anche in seguito, ha contribuito intelligentemente a questo argomento della fusione binaurale. Egli, assieme a B. M. Sayers, afferma che si tratta di una operazione statistica basata sulle intercorrelazioni, da parte del cervello, di segnali provenienti da ciascun orecchio.

Definizioni

Uno strumento di paragone usato per molti anni fu una specie di radar, di quelli che si adoperano sui battelli. I primi ricercatori, come Geiger e Scheele, cercavano di collegare il mec-

canismo dell'udito a quello della vista, ma l'analogia migliore è, secondo me, quella che si basa sul principio di localizzazione dell'eco usato dai battelli.

Nell'emettere i propri suoni ad alta frequenza il battello Pletocus sfrutta il suono riflesso come una informazione binaurale, sia per la direzione che per la sua velocità. Ogni automobilista scorretto che sia stato « pizzicato » dalla polizia con questo radar-trappola apprezzerà senz'altro questo principio.

Per il momento, tuttavia, torniamo ai nostri primi ricercatori e nel far ciò, discutiamo un po' dei termini che destano tanta confusione, specie se usati liberamente: monoaurale, binaurale, monofonico e stereofonico.

Monoaurale: letteralmente « in un orecchio »: la sorgente sonora viene inviata in un orecchio dell'ascoltatore, tramite filo, trasduttore telefonico o qualsiasi altro mezzo. Si crea confusione perché è perfettamente possibile che *questo stesso suono* venga recepito contemporaneamente dall'altro orecchio. Così uno può mettersi una cuffia, far funzionare il proprio ricevitore stereo in « mono » e ascoltare un segnale *monoaurale*. Basta una sola linea di amplificazione per questo tipo di riproduzione. Vedi Fig. 1.4a.

Binaurale: anche qui si ha una ricezione del tipo « a circuito chiuso », ma il suono, proveniente da due sorgenti, viene elaborato da due sistemi diversi, e ogni orecchio dell'ascoltatore riceve il suono che gli compete — il segnale sinistro all'orecchio sinistro e il segnale destro all'orecchio destro. Questa è la situazione di chi ascolta un programma stereofonico con la cuffia. La Fig. 1.4b dà una rappresentazione schematica di quanto detto.

Monofonico: qui arriviamo al suono « aperto », al contrario di quello a « circuito chiuso »; l'orecchio può ricevere suoni da ogni posto, come dal vivo, però c'è una sola sorgente sonora.

La situazione è quella dell'ascoltatore nel suo soggiorno con un altoparlante davanti. Non interessa in quale modo i vari suoni hanno contribuito al segnale, dal momento che nella fase finale essi arrivano all'ascoltatore da una sorgente unica, il suo altoparlante. Il fatto che il cervello accetti tutto questo passivamente è una questione che vedremo più avanti. Fig. 1.4c.

Stereofonico: descritta in modo appropriato nel 1935 da Leopold Stokowski come « prospettiva sonora da auditorio », la stereofonia riproduce sia la profondità che la larghezza del suono,

grazie all'uso di due o più microfoni, che mandano il segnale da elaborare in due o più amplificatori, e al riascolto che avviene tramite due o più altoparlanti. Notate la frase « due o più », perché la stereofonia non consiste nell'avere « di ogni cosa un paio », come consigliava la nonna un tempo alle giovani spose; essa consiste nel creare l'illusione del suono originale nel proprio ambiente. Il trucco sta in quelle tre ultime parole dal suono apparentemente innocente. Esse ci condurranno tra breve a considerare l'importanza fondamentale dell'ambiente, del riverbero e dell'acustica del locale d'ascolto. Fig. 1.4d.

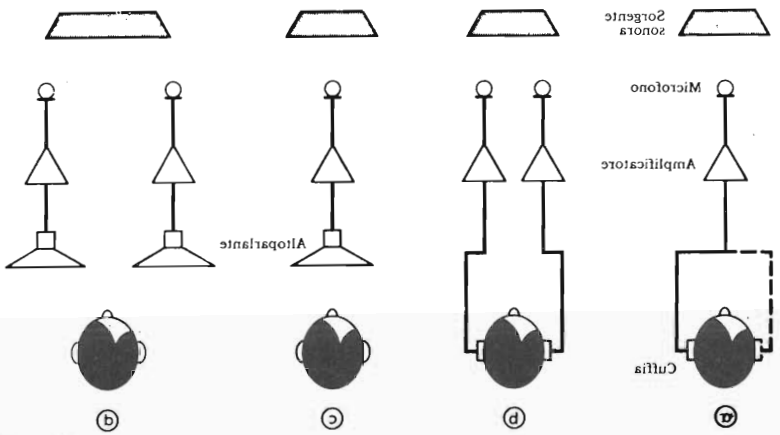


Fig. 1.4 (a) Monoaurale, (b) Binaurale, (c) Monofonico, (d) **Stereofonico.** Cerchiamo di capire bene questi termini...

I primi esperimenti

Il motivo di questa apparente digressione diventa subito chiaro se ripensiamo ai primi sperimentatori nel campo del suono multicanale (per usare un termine rigoroso), i quali avevano a che fare con l'ascolto binaurale e non stereofonico vero e proprio. Attenti però, che già da molto tempo c'erano stati dei tentativi, alcuni veramente ingegnosi, di produrre dell'ottimo suono multicanale.

Tra questi ricordiamo un fonografo cilindrico a tre vie che usava tre trombe, il *Multiplex Grand* della Columbia, e poi il progetto, molto più ambizioso, del grammofono acustico a quat-

tro canali, che faceva uso di quattro « puntine » e di quattro trombe, con i dischi messi l'uno sopra l'altro su un'asse comune. Così nasceva, nel lontano 1898, la stereofonia ibrida.

Un grosso passo in avanti per la stereofonia avvenne durante gli anni venti, allorché la radio (ovvero la *wireless* — letteralmente « senza fili » —, come veniva chiamata allora) giunse ad un alto grado di popolarità. Ben presto, i perfezionisti cominciarono a lamentarsi che la necessità di ridurre il rumore e il riverbero nel trasmettitore, per ottenere un'uscita monoaurale (ricordiamoci che l'ascolto si effettuava allora soprattutto con le cuffie), rendeva del tutto insopportabile la conseguente perdita di realismo. Così, già nel 1924, Harvey Flechter e W. H. Martin prevedevano trasmissioni con due emittenti.

Trasmissioni con due emittenti

La stazione radiotrasmittente di Berlino, sulla lunghezza d'onda di 430 e 505 metri, non faceva altro che questo, nel 1925, così come pure la stazione WPAI a New Haven, nello Stato americano del Connecticut. Quest'ultima rappresenta uno dei classici

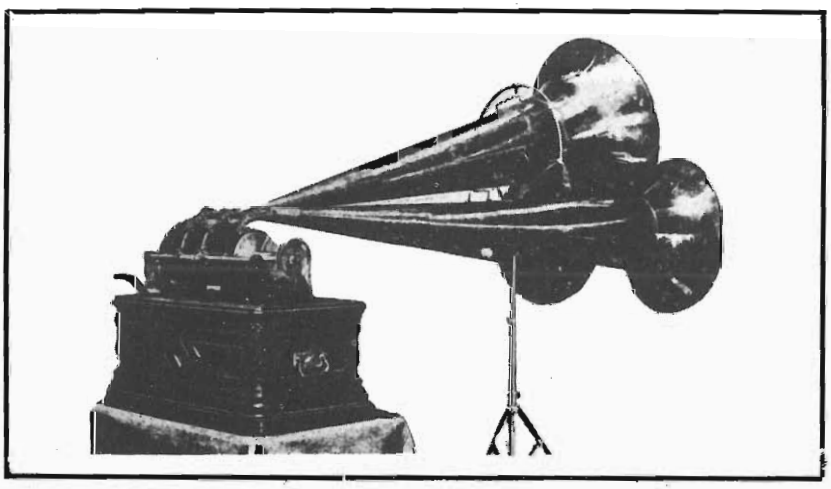


Fig. 1.5 Uno dei primi e ingegnosi dispositivi fu questo Multiplex Grand della Columbia, apparso alla Mostra di Parigi nel 1900 e caratterizzato da tre trombe collegate in parallelo con delle scatole sonore. (Foto: Museo delle Scienze, Londra).

casi di trasmissione stereofonica, che F. M. Doolittle (iniziali profetiche!) così descrive nel numero di aprile di *Electrical World*:

« Tenendo presente la fedeltà con cui il presente apparato trasmette le frequenze utilizzate per la musica, non sembra ragionevole aspettarsi, ammesso che siano necessari o possibili, sensibili miglioramenti. Tuttavia bisogna prendere in considerazione alcuni fattori, oltre ai valori di tono. Il fonografo e l'altoparlante della radio hanno portato il nostro orecchio a credere che tutto quello che ci si può aspettare in realtà è una approssimazione abbastanza vicina ai valori veri di tono, e quindi l'ascoltatore non si aspetta una riproduzione fedele. Riproduzione, usando la parola nel suo senso più stretto, dovrebbe significare, naturalmente, una resa così vicina all'originale da non poter essere in grado di dire, senza l'intervento di altra facoltà che non sia l'udito, che siamo presenti e stiamo ascoltando l'esecuzione originale. Una buona approssimazione a tale tipo di riproduzione è possibile... ».

Tutto ciò, ricordiamo, nel 1925!

Cercate di reprimere qualsiasi risolino malizioso, dopo aver letto le righe precedenti, e considerate alcune delle profetiche implicazioni contenute nell'articolo di Doolittle, comprese quelle dell'estratto che segue:

« Ci sono altri metodi che potrebbero essere usati; per esempio, la doppia modulazione della portante con due frequenze maggiori del limite superiore della banda audio, con l'applicazione di variazioni di frequenze audio alle frequenze di modulazione. Questo metodo avrebbe il vantaggio di poter usare solo una banda d'onde nello spettro trasmesso, anche se, considerando le grosse differenze tra frequenze portanti e laterali, ciò richiederebbe una larghezza di banda più estesa del solito. Con un tale schema sarebbe sufficiente una sola regolazione di sintonia per sintonizzarsi con le varie stazioni . . .

Tuttavia, questo schema non è particolarmente indicato per una utilizzazione immediata, poiché le radio di tipo ordinario riceverebbero suoni inarticolati . . . per il momento viene usato un metodo che non disturba la ricezione ordinaria ».

Il sistema del New Haven

In effetti questo sistema di trasmissione contemporanea sulla stessa onda - quello di cui si parlava prima - fu usato 30

anni dopo nelle trasmissioni stereofoniche. In che cosa consisteva dunque questo sistema? Semplice, l'aggiunta di una stazione a 270 metri (1110 KHz) a quella già esistente di 227 metri (1320 KHz), duplicando i trasmettitori.

I microfoni erano quelli usati nelle normali trasmissioni, cioé quelli con una separazione di sette pollici fra i rispettivi centri.

I ricevitori in uso allora erano del tipo a cristallo (o a galena) e sebbene fossero disponibili gli altoparlanti, l'emittente rilevava che la maggior parte degli ascoltatori preferiva mantenere l'uso della cuffia.

« *Gli altoparlanti mescolano completamente i suoni fra i canali e rovinano l'effetto stereo* »; questa era l'opinione di allora. Eravamo quindi ancora insabbiati nella ricezione binaurale, mentre il nostro scopo era la stereofonia.

Gli esperimenti con i microfoni dimostrarono che la loro separazione era un elemento critico. Infatti una separazione di poco superiore ai sette pollici dava all'ascoltatore una maggiore impressione di profondità, anche se Doolittle notava che una distanza maggiore portava una certa indeterminazione. Egli osservava, tra l'altro, che la trasmissione binaurale produceva un incremento apparente di volume, il che gli faceva pensare a interferenze di qualche genere, «*interferenze prodotte dalla dipendenza non banale di relazioni di fase* ».

Uno degli effetti secondari menzionati da Doolittle consisteva nel fatto che non era più necessario insonorizzare lo studio come prima, la qual cosa rendeva contenti gli esecutori che potevano cosi esibirsi in un ambiente molto più simile alla piattaforma concertistica, privo di tutti quei pannelli usati prima.

Fu nel 1888 che Emil Berliner cambiò (senza rendersene conto), il volto della stereofonia, con l'introduzione del disco piatto. Infatti le registrazioni precedenti venivano fatte su rulli cilindrici.

Il suo brevetto sulla « registrazione laterale », richiedeva che i solchi sonori venissero incisi su strati di cera depositata su zinco, e che le incisioni venissero poi « fissate » in un bagno di acido.

Questo metodo di registrazione verticale, o registrazione « collina-valletta », sembrava offrire vantaggi di una certa importanza, come fa notare un altro esperto, Stanley Kelly, dato che il proces-

so è essenzialmente del tipo a « push-pull », cancella cioè le armoniche pari. Ma ancora più importante era il fatto che le forze positive esercitate su entrambe le direzioni facevano sì che questa tecnica di registrazione offrisse ampiezze molto più alte di prima.

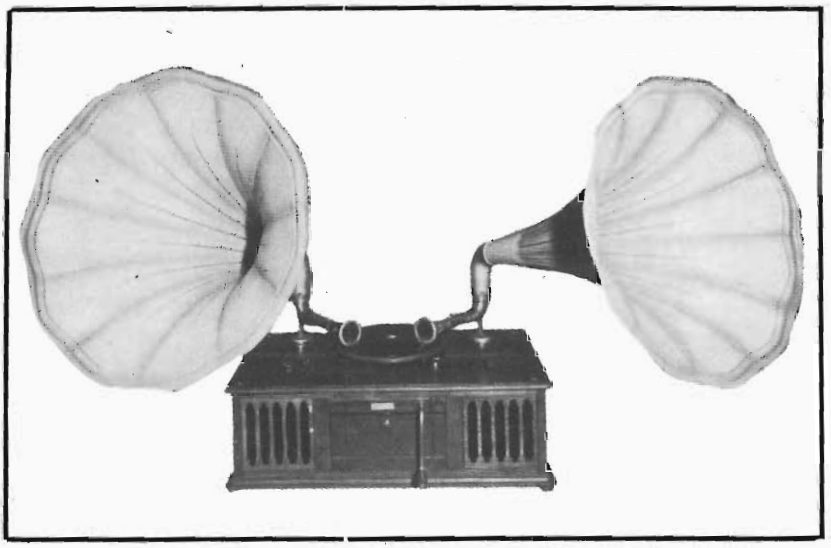


Fig. 1.6 Nel 1910 il sistema di Edison di distribuzione bilaterale del suono venne modificato in Germania: l'apparecchio riprodotto è un Bereits.

Comunque ci volle del tempo prima che queste innovazioni venissero assorbite ... Si dovette arrivare al 1895 prima che la Berlin Gramophone Company si stabilisse a Philadelphia, e da allora in poi i dischi vennero prodotti in serie con la gomma!

Il diametro era di appena 17 cm, e si poteva suonare solo una facciata.

Poi fu la volta dei dischi in gomma lacca, i quali avevano un diametro più grande e offrivano un tempo d'ascolto maggiore, essendo registrati su entrambe le facciate.

Nel 1925 si giunse alla registrazione elettrica; i fonorivelatori, del tipo che conosciamo oggi, e i motori eletrici arrivano nel

1930. Finalmente, dopo molti anni dalle ricerche di Blumlein del '31, si arrivò nel 1955 all'introduzione della registrazione stereofonica a microsolchi.

Sviluppo della registrazione stereofonica

Come già detto, la produzione del disco raggiunge il suo culmine con i 78 giri in gomma lacca. Tra la fine degli anni venti e i primi anni trenta fu fatto parecchio lavoro per migliorare il disco e i sistemi per la sua riproduzione, ma la stereofonia venne « inaugurata » in pratica da Alan Dower Blumlein, il quale iniziò le sue ricerche nel 1929 per conto dell'EMI (Electrical & Musical Industries, Ltd.), su un sistema stereofonico completo a due canali.

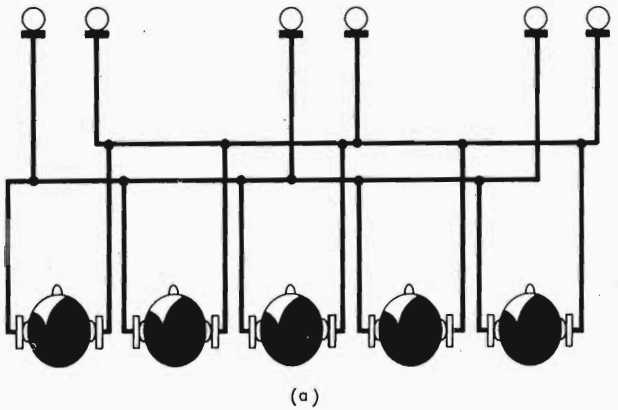
Il brevetto di Blumlein

Blumlein registrava nel 1931 il famoso brevetto britannico n. 394.325, e a riprova dell'ingegno e della capacità di quest'uomo basta dire che buona parte del suo lavoro rimane valido ancora oggi e sembra essere destinato a formare il punto di partenza per maggiori sviluppi futuri. Il sistema di registrazione *Stereosonic* della EMI, elaborato in seguito anche per il nastro, consisteva nel mettere i microfoni incrociati tra loro, come vedremo in seguito, in modo che la somma e la differenza dei segnali venisse codificata in un solo canale trasmittente.

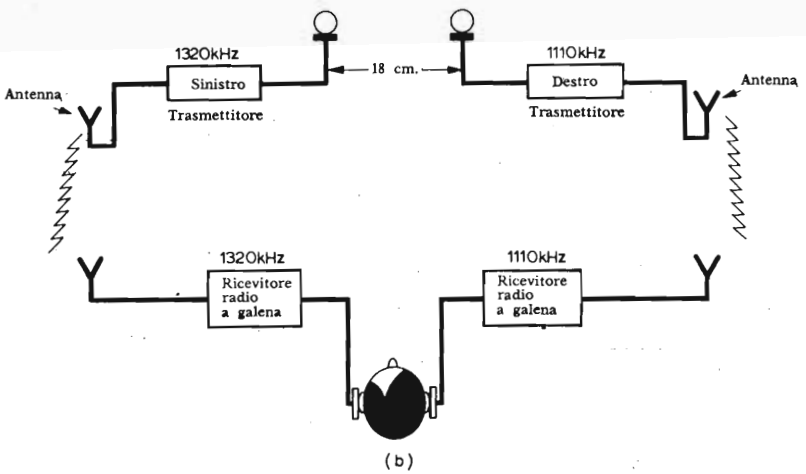
In una « imitazione » presentata da un suo collega, P. B. Vanderlyn, (Brevetto britannico n. 23989/54), il canale recante la differenza dei segnali aveva una perdita di frequenza di 3 dB sopra i 700 Hz, perdita imposta dalla necessità di avere differenze nella direzione azimutale (vedi cap. 2).

Il sistema descritto è destinato soprattutto ad un mezzo di registrazione magnetico. Bisogna tenere presente tuttavia che lo stampaggio diretto dei dischi, a partire dal segnale audio, aveva dato il via, nel 1957, a un sistema per ottenere il programma « master » basato sull'uso del nastro magnetico. Ma a parte i perfezionamenti legati più o meno direttamente al materiale di cui era fatto il nastro, si può dire che il sistema Blumlein sta alla base del sistema stereosonico EMI, e va considerato, a di-

stanza di tempo dalla sua introduzione, come lavoro veramente pionieristico nel suo campo.



(a)



(b)

Fig. 1.7 (a) All'inizio la stereofonia consisteva nel mandare alle orecchie due sorgenti diverse, come si vede dallo schema utilizzato per la Berlin Opera House nel 1925. (b) La trasmissione binaurale venne utilizzata nel 1925 dalla stazione WPAJ, la quale faceva uso di due apparecchi di cristallo, ognuno collegato al suo trasmettitore, e con i due segnali separati a ciascun orecchio.

Stereofonia con solco singolo

Nel 1932 Blumlein si occupava dei problemi legati all'incisione di un disco in stereo facendo uso di un solco singolo.

Esistono, come vedremo, due metodi diversi:

1) quello laterale-verticale, con uno dei due segnali registrato dal movimento da un lato all'altro del solco (side-to-side) e l'altro da movimenti in su e giù (up-and-down);

2) il sistema 45/45, usato per la produzione dei dischi d'oggi, descritto ampiamente nel capitolo 4.

La cosa importante, con riferimento a Blumlein, è che entrambi i metodi sono applicabili alla teoria della somma e differenza, ed è rimarchevole che in quei primi tempi le registrazioni avvenissero a 78 giri al minuto, con risultati veramente soddisfacenti. Alcuni di questi primi 78 giri, ascoltati su un impianto moderno, si comportano meglio di tanti orrendi microsolchi, long-playing, dischi vinilici e prodotti di massa rifilati oggi a un pubblico fuorviato ormai dalla pubblicità.

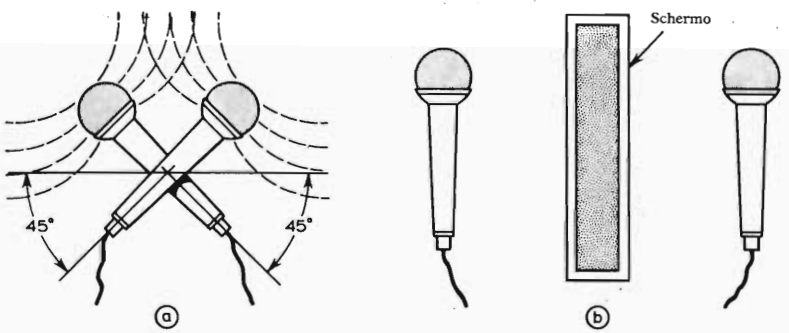


Fig. 1.8 Due metodi per registrare in stereo: (a) il metodo di Blumlein a « microfoni incrociati », e (b) l'uso di microfoni paralleli separati da uno schermo acustico.

A quei tempi, quando si lavorava con pochi mezzi, il criterio di base era la qualità, non l'incidenza dei costi. Non ho intenzione di chiedere scusa, se quest'ultima affermazione potrebbe farmi sembrare un fossile o un personaggio fuori dal tempo. Questo libro deve essere visto sia come un modo di mettere per iscritto la storia della stereofonia, sia, soprattutto, come tentativo di in-

formazione e insegnamento per le numerose persone che hanno scritto, detto (e gridato) a me e ai miei colleghi sull'argomento della stereofonia intorno alla quale sembra che esistano molti più malintesi che non sulla origine del mostro di Loch Ness.

Arriva la registrazione su nastro

Più o meno contemporaneamente ai lavori di Blumlein sul disco stereofonico, i registratori a nastro (non proprio « a nastro », dati i problemi con le bande all'acciaio) facevano la loro prima apparizione nella stereofonia. Naturalmente, la stereofonia su nastro è enormemente più facile rispetto ai problemi meccanici presenti nel disco — uno dei motivi per cui la recente battaglia sulla quadrifonia sta alzando tanto fumo.

(A parte i ritardi nella pubblicazione, che sono quelli che sono, è probabile che, quando il libro verrà letto, la battaglia avrà cessato di esserci, e i due sistemi quadrifonici, matrix e discreto, entreranno nell'uso comune. Uno dei capitoli successivi è dedicato alle ultime novità, e il lettore potrebbe essere interessato a conoscere alcuni argomenti pro e contro tali sistemi).

« Oscar »

« Oscar » fu senz'altro uno dei punti di riferimento per gli esperimenti svolti durante la prima parte degli anni trenta. Questo manichino si trovava nella American Academy of Music di Filadelfia (a proposito, credo che sia ancora lì, magari come pezzo da museo). Una coppia di microfoni veniva posta su una testa dalle sembianze umane, e tramite queste due pseudo-orecchie veniva trasmesso un segnale a due line di amplificazione; da queste il segnale veniva mandato ad una coppia di trasduttori, usati come cuffie.

Leopold Stokowski ebbe il suo bel da fare con questi esperimenti, e i laboratori della Bell Telephone portarono avanti molte esperienze interessanti — alcuni risultati fanno testo ancora oggi.

Harvey Flechter era un caposcuola allora, e le sue scoperte, sebbene siano da classificare in modo diverso rispetto a quelle che usiamo oggi, servirono come riferimento per i ricercatori successivi.

L'uso del termine « diotico » al posto di « monoaurale », e di « misto » al posto di « binaurale », potrebbe sembrare mal scelto a posteriori, tuttavia nel suo articolo del 1934 su *Electrical Engineering*, dal titolo « Prospettiva da auditorio — Requisiti Fondamentali », il signor Flechter dimostrava l'importanza della sequenza temporale dei cambiamenti di segnale, e sottolineava il paradosso fondamentale dell'alta fedeltà, cioè che le nostre orecchie ci ridanno quello che il cervello sa non corrispondere al vero — ovvero che possiamo ascoltare un'orchestra sinfonica al completo nel soggiorno di casa nostra.

Un esperimento storico

Oscar fece la parte della star in uno storico esperimento stereofonico effettuato a Washington.

La Philadelphia Orchestra aveva già sottoposto a dura e prolungata prova la sua abilità a Filadelfia, in un piccola stanza nel palazzo dell'Accademia (12 aprile 1933), ma non più tardi di quattro giorni dopo si impegnava in una classica dimostrazione di trasmissione stereo sulla linea telefonica per New York.

All'esperimento di Bell del 1933 contribuì in maniera determinante Stokowski, il quale controllava elettronicamente la Philadelphia Orchestra, tramite tre centri di controllo posti nella Constitution Hall di Washington, mentre un direttore collegato con lui, Alexander Smallens, dirigeva dal vivo a Philadephia. C'erano tre microfoni di fronte all'orchestra, uno per ciascun lato e il terzo al centro, su una linea distante circa 6 metri dalla parte frontale e 3 metri sopra la prima fila di strumentisti.

I microfoni usati nell'esperimento erano del tipo a bobina mobile, molto sensibili per quell'epoca. Essi erano completamente direzionali, ma siccome l'esperimento era basato sul suono diretto da ciascun altoparlante verso la parte anteriore dell'auditorio, questo poteva essere considerato come un vantaggio. In realtà questo esperimento potrebbe essere visto come una versione ampliata della dimostrazione stereofonica originale fatta all'esposizione parigina del 1881.

Bell usava linee di trasmissione fra le due città con opportuni amplificatori; questi pilotavano in uscita altri tre amplificatori finali da 120 Watt verso tre sistemi di diffusione: in questo modo venivano raddoppiati i posti dove piazzare i microfoni.

I tre posti di controllo di Stokowski erano, in realtà, miscelatori di segnali e bisogna cercare di capire l'entusiasmo di Flechter quando affermava che questo sistema sarebbe stato capace di « *creare momenti di grande emozione, forse maggiori di quelli ottenibili con l'ascolto di musica proveniente direttamente dall'orchestra via aria* ».

Questo esperimento merita tanto spazio non solo per la sua importanza nella storia della stereofonia, ma anche perché preparò la strada a un lavoro molto più vasto nel campo del « Public Address » (*), uno degli aspetti del settore audio di cui ci occuperemo brevemente un po' più in là.

La pausa

Nonostante gli esperimenti molto promettenti fatti da Blumlein e Flechter, separatamente e su linee diverse, e il lavoro pionieristico svolto dalle stazioni radiofoniche di Berlino, del New Haven e della Gran Bretagna, la stereofonia si trasformò, tranne che per i tecnologi che vi si dedicavano, in un argomento destinato a suscitare solo curiosità. Questo tra la metà degli anni trenta e l'inizio degli anni cinquanta.

Alcuni appassionati continuarono tuttavia a pensare all'idea della riproduzione a più canali.

Stokowski amava immaginarsi grossi parchi per divertimento attrezzati con torri di diffusori.

Sul numero di gennaio 1955 di *Atlantic Monthly* egli scriveva: « *È veramente incredibile che ci sia stata questa possibilità per due anni, senza che nessuno abbia cercato di sfruttarla* ». Egli voleva vedere arricchito il carattere tridimensionale della sua musica e non vedeva l'ora che la gente cominciasse a interessarsi di stereofonia.

In costante sviluppo

Anche se dietro le quinte, le ricerche continuavano però regolarmente. In Gran Bretagna con la Columbia Gramophone

(*) N.d.t. — Per sistema di « *Public Address* » si intende in inglese qualsiasi sistema di diffusione sonora in uso in fabbriche, uffici, grandi magazzini, stadi, ecc.

Company, e poi con la sezione della EMI per la quale Blumlein lavorava allora, che proseguiva la sua strada con la tecnica di posizionamento dei microfoni a coppie incrociate. Molti dei loro primi dischi commerciali vennero prodotti in questo modo, e ancora oggi nei piccoli studi di produzione questa tecnica, per i microfoni, risulta molto vantaggiosa rispetto ad altre; per questo motivo la BBC ne fa ancora largo uso.

In Germania, Ludwing Kopeller aveva usato per la stereofonia diretta microfoni distanziati, e aveva scritto a lungo sull'argomento.

Con la sua Berlin Opera House cercava di ottenere quello che lui definiva « una riproduzione plastica dei toni », e per fare ciò aveva bisogno di usare sei microfoni (tre coppie stereo) e un sistema di fili che permettesse ad una parte dell'auditorio di ascoltare quella che lui allora definiva stereofonia — ma che il famoso pioniere americano Harry F. Olson chiamava già « effetto binaurale ». Come abbiamo già avuto modo di dire, noi concordiamo con quest'ultima definizione.

Kapeller diceva: « *Chiunque ha la possibilità di ascoltare queste trasmissioni stereofoniche rimane stupito dall'effetto. Il suono sembra più pieno e distinto in ogni dettaglio. Le diverse voci del coro si distinguono ora molto meglio, sia tra di loro che dal resto dell'orchestra* ».

Ricordiamoci che questo avveniva nel 1925 e che la stazione radio di Berlino aveva già effettuato programmi sperimentali in stereofonia sui 430 e sui 505 metri. Nonostante questo, il mezzo che avrebbe potuto meglio degli altri beneficiare della stereofonia, cioè la pellicola del cinema, era ancora alle prese col registratore magnetico di Kurt Stille, il *Telegraphone*, che usava nastri all'acciaio o i grossi dischi per grammofono (i quali giravano, cosa abbastanza importante, a una velocità di 33 giri e 1/3). Fu solo nel 1928 che Fox Movietone cominciò ad usare una traccia sonora accanto al film, letta fotoelettricamente.

L'incentivo dei films

Ciononostante doveva essere proprio l'industria cinematografica a dare una mano all'affermazione della stereofonia, grazie a una tecnica multicanale basata su una invenzione di James Miller, un procedimento di registrazione del film prettamente meccanico. Questo accadeva nel 1955, un anno prima che Rafuse e Keller

brevettassero l'incisione laterale-verticale dei solchi del disco (Brevetto U.S.A. 2.114.471), e due anni prima che i laboratori di Bell presentassero alla World Fair il primo registratore stereofonico a nastro.

Ci vollero poi altri dodici anni prima che apparisse il primo registratore stereo per uso domestico. Si trattava del *Magnecord*, seguito ben presto da una versione stereo della Brush Development Company, la compagnia che aveva messo sul mercato il primo apparecchio mono per casa. Questi primi apparecchi usavano nastro all'acciaio, e bisogna arrivare al 1939 per vedere come l'uso di bias a corrente alternata riduceva la distorsione a livelli sopportabili.

Avremo modo di parlare delle tecniche per film nel capitolo 3; qui va ricordato solamente che furono di nuovo i Bell Telephone Laboratories a mostrare la strada giusta, con una prova dimostrativa alla convenzione autunnale della Society of Motion Picture Engineers, nel 1937 a New York.

Nel 1941, *Fantasia*, di Walt Disney, raggiunse un primato storico, con l'uso di una traccia sonora a due canali su film di 35 mm. I canali furono portati in seguito a tre, ed è significativo ricordare che negli esperimenti di Bell si faceva uso di tre canali e di una tecnica « a fronte d'onda », in contrapposizione a quella dei microfoni incrociati, il metodo a due canali più in voga da noi in Europa.

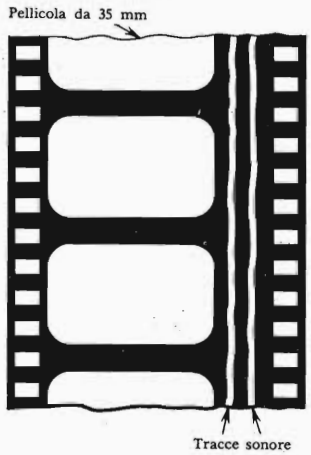


Fig. 1.9 Il cinema ebbe una parte importante nei primi esperimenti multicanale (oggi i due canali stereofonici non vengono più usati nei moderni impianti di riproduzione musicale). I primi sistemi sonori per film utilizzavano tracce sonore parallele poste su un lato della pellicola 35 mm.

Naturalmente due canali rappresentano il minimo per la stereofonia e molto lavoro è stato fatto per cercare di racchiudere informazioni sempre maggiori nei due canali base. Per avere ulteriori grossi progressi bisognò aspettare il transistor, il quale fece la sua comparsa — neanche a dirlo — nei Bell Laboratories nel 1948.

Venivano usati tre canali anche per il sistema di film tedesco, descritto in un lavoro pubblicato dagli americani subito dopo la fine della guerra. Il sistema *Stereophon* aveva uno spettro di frequenze da 23 a 10.000 Hz, una dinamica di 60 dB, e usava una traccia da 2.65 mm di ampia sonorità.

Per ottenere la lettura sui tre canali venivano impiegate cellule fotoelettriche Kerr con luce polarizzata.

Sviluppo del disco

Anche la Philips, che si era data da fare con l'applicazione della tecnica Miller al film, portava avanti alcune ricerche sulla incisione dei dischi, e fu proprio l'ingegnere olandese De Boer che introdusse, nel 1940, l'incisione stereofonica sui dischi a 78 giri. Si sfruttavano solchi di raggio diverso, quelli più esterni modulati da uno dei due canali stereofonici, quelli interni dall'altro canale.

Bisognava usare due braccetti, che seguivano una traiettoria curva, mentre le testine di lettura erano montate su un supporto radiale. In questo modello intervenivano però problemi connessi all'incisione del solco, oltre a quelli relativi all'esatto posizionamento delle due puntine nei solchi giusti; lo schema di Boer quindi non andò molto bene, anche, forse, a causa della guerra che non consentiva sviluppi in quel campo.

Concettualmente simile al metodo del doppio solco di De Boer era quello proposto da Emory Cook di Stamford, nel Connecticut, che già nel 1942 definiva il suo sistema « perfetto ».

Tuttavia, sebbene egli stampasse i long-playings con le nuove plastiche viniliche che richiedevano basse forze di tracciamento, l'aggiunta di un fonorivelatore, collegato in qualche modo al braccetto standard per la lettura di due solchi paralleli, non poteva contribuire sensibilmente all'alta fedeltà.

Queste incisioni «Duplex » vennero prodotte in piccoli quan-

titativi e vengono oggi contese dai collezionisti in quanto curiosità storiche.

Nonostante gli sforzi di Cook, e l'introduzione di uno speciale braccetto, costruito appositamente per lui dalla Livingstone Audio, i problemi per l'incisione dei solchi più sottili rappresentavano ancora un grosso ostacolo da superare, specialmente per quanto riguardava i solchi più interni del disco a microsolchi.

Il nome Audio Livingstone rappresenta, tra l'altro, una delle pietre miliari nell'evoluzione del nastro. Nel 1954 questa ditta metteva in vendita i primi nastri stereofonici commerciali sotto l'etichetta *Audiosphere*. Questa casa, e in particolare C. F. Smiley, fu per molto tempo, l'unica casa costruttrice americana a proporre la stereofonia in versione domestica.

Per offrire al pubblico la possibilità di ascoltare i loro nastri stereo (una magnifica raccolta di ben otto pezzi!) Livingstone mise in vendita un riproduttore di nastri.

Tra l'altro questo presentava il vantaggio che il prezioso materiale registrato non poteva essere cancellato fortuitamente!

Ancora prima del 1955 la V-M Corporation lanciava sul mercato un kit per convertire in stereo i riproduttori a nastro mono, aprendo finalmente le porte della riproduzione stereofonica a un pubblico molto più vasto, e contribuendo alla messa in vendita di molti altri nastri registrati.

Così, nel 1957, 39 compagnie di registrazioni offrivano ben 650 nastri, e il presidente della Audio Engineering Society poteva affermare che nel giro di dieci anni qualsiasi sistema di riproduzione « *avrebbe fatto uso, in un modo o nell'altro, della stereofonia* ». Una volta tanto una predizione rivelatasi giusta.

L'impulso del PVC

Ma il vero impulso alla stereofonia venne dato dai dischi di cloruro di polivinile che hanno portato al moderno microsolco. Diventava possibile, allora, sfruttare l'idea di Blumlein basata sul metodo 45/45, tecnica che consentiva di tracciare due canali, in un unico solco, con la stessa durata temporale e la stessa velocità, proprio come avveniva per i dischi monofonici. Maggiori dettagli comunque verranno dati nel Cap. 4. Qui basterà notare che, essendo una invenzione del dopo-guerra, il PVC e il disco di vinile giunsero al momento opportuno, in pieno boom consumi-

stico, quando le nuove risorse permettevano la creazione e la crescita di una raccolta di nastri molto ampia.

Il risultato di questo incredibile ritmo di crescita fu una grossa perdita di tempo, e gli unici sviluppi della tecnica stereofonica si risolsero in alcuni accorgimenti elettrici e altre cose mistificanti che avevano la pretesa di offrire della buona stereofonia partendo da un disco originariamente monofonico.

Sembra che J. P. Maxfield della Bell affermasse, nel 1947: « *Preferisco ascoltare una buona riproduzione col sistema a due canali, che mi ridà anche 6.000 cicli al secondo, piuttosto che una riproduzione piatta da 15.000 cicli al secondo col sistema a canale singolo; è molto più piacevole, più realistica e drammatica* ».

La verità, oggi in cui si può parlare, anche se relativamente, di alta fedeltà, è che una « buona » monofonia è da preferire, in qualsiasi circostanza, a una stereofonia mediocre!

Gli sviluppi successivi

Da quando il capitano Round pronunciò per la prima volta la terribile parola « stereo » fino ai giorni nostri è trascorso qualcosa come mezzo secolo.

Estrapolare dal passato per predire il futuro è una professione poco redditizia. Dopo tutto un profeta dell'epoca di Dickens avrebbe potuto preconizzare, partendo dal fatto che ai suoi tempi il traffico di carrozze a cavallo comportava certi problemi igienici, che nel 1980 ci saremmo trovati sotto un buon metro di letame di cavallo, incapaci perfino di muoverci, così come un Geremia dei giorni nostri potrebbe profetizzare facilmente per il prossimo futuro enormi file di macchine incastrate fra loro, dallo Scotch Corner fino all'Exeter Bypass, lungo il quale i viaggiatori del 2000 sarebbero costretti a passare solamente a piedi!

Io non commetterò tale errore, ma vorrei ricordare il Direttore di *Studio Sound*, il quale a metà del 1972 affermava che il Videodisco (denominato *Teldec*) era destinato a diventare il « clou » fra i mezzi di intrattenimento futuri sia per la sua qualità che per la convenienza.

I seguaci delle Campac-Cassette, tutti i possibili rivali e la crescente minaccia degli Stereo-8, sono pregati di prendere nota di ciò!

La stereofonia oggi viene propinata attraverso tecniche digi tali, con 24 canali contemporaneamente su una sola linea di tra-

smissione; codificata, decodificata, sterilizzata per l'ascolto, rendendo così prive di senso tutte le liti in corso sulla quadrifonia, proprio come avveniva nel '31 per le idee di Blumlein, completamente rifiutate dal profano.

Un capitolo del libro è stato dedicato alla quadrifonia, o « suono avvolgente », o come volete chiamarlo. Qualsiasi sviluppo della stereofonia che cerchi di ridare il suono originale va lodato, e sono convinto che quadrifonia, pentafonia, esafonia, e via dicendo, possono offrire molte possibilità. Se non avete la possibilità di andare in una sala da concerto, e non potete mettere da parte la vostra incredulità al punto da lasciarvi incantare da cose tipo dischi graffiati o che saltano, il piatto che fa rumore, il nastro che soffia, o l'impercettibile distorsione di un sistema di lettura con laser ottico, allora è meglio che ricominciate da capo, leggendo i libri.

La stereofonia è una cosa soggettiva. Nel momento in cui vi allontanate dal suono originato da sorgenti puntiformi e cer-

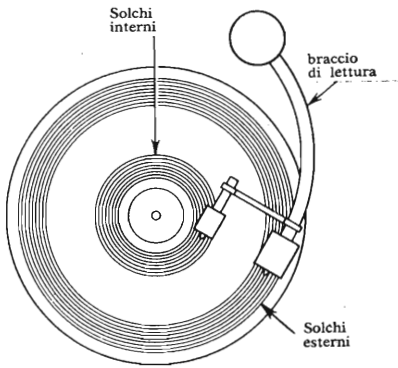


Fig. 1.10 I primi dischi stereofonici avevano le tracce parallele e sfruttavano un braccetto modificato, come quello realizzato dalla Cook Laboratories Inc.; questi modelli pur essendo abbastanza curati, non riuscivano a superare i problemi meccanici di sincronismo.

cate di riprodurre la situazione sonora originale, vi trovate coinvolti in una marea di giudizi tecnici discordanti. Mentre scrivo, la vendita di « sistemi stereofonici » con distorsioni che avrebbero fatto vergognare i vecchi costruttori di apparecchi mono è talmente forte che i diagrammi di vendite registrano punte impressionanti.

Se non altro ciò dimostra che lo scopo della gente è quello di avere la « stereofonia » a tutti i costi, mentre l'alta fedeltà viene considerata un fattore secondario. Spero di riuscire a dimostrare, nel corso dei prossimi capitoli, che con un po' di attenzione e con modica spesa è possibile abbinare le due cose.

2. Principi auditivi

È impossibile studiare un argomento qual'è la stereofonia senza esaminare i princìpi fondamentali dell'ascolto e dell'acustica. Se è vero che queste stesse cose restano valide per la ricezione monofonica (o, a seconda del caso, monoaurale), è anche vero che per la stereofonia c'è bisogno di applicare certe regole in modo più rigoroso, bisogna afferrare meglio i princìpi e rendersi conto a fondo dei concetti fondamentali del suono e del suo ascolto.

Nel capitolo precedente siamo stati alle prese con le questioni storiche, e se avete trovato esaurienti risposte nella marea di date e di numeri, forse non volete essere più toccati su quel tasto. Tuttavia non posso fare a meno di citare Georg Von Békésy, vincitore nel 1961 del Premio Nobel per la Fisiologia e la Medicina.

Per trent'anni questo scienziato ungherese aveva studiato il funzionamento dell'orecchio — ovvero, per essere più precisi, dell'apparato uditivo. Dobbiamo a quest'uomo, e alle sue ricerche, molte delle nostre nozioni sull'ascolto e i fattori ad esso connessi.

Le variazioni di intensità

Il nostro orecchio è sottoposto a un terribile martellamento nel corso del suo lavoro quotidiano. Tra il rumore di un sospiro e quello dello scoppio di un tuono c'è un rapporto in intensità di qualcosa come da uno a diciotto milioni. In termini di pressione sonora, che è la radice quadrata dell'intensità, questo rapporto vale 4250:1. Espresso in decibels tutto ciò si può semplificare a qualcosa come 72 ½ dB. Il decibel, la decima parte del Bel, così

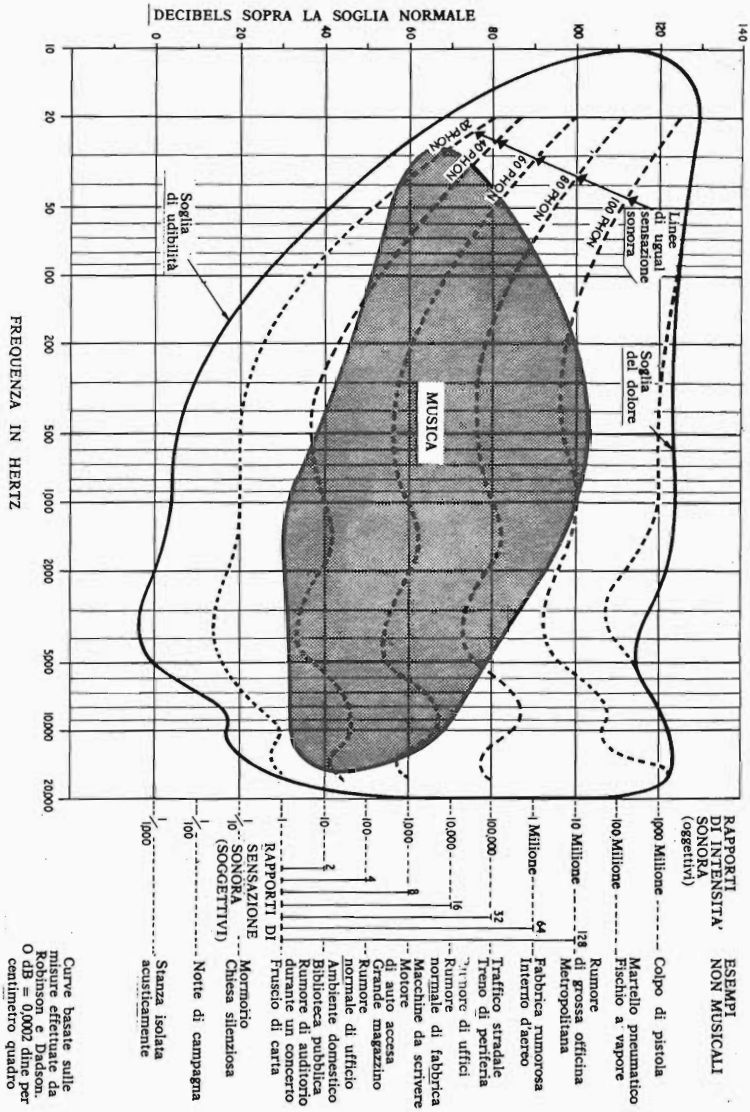


Fig. 2.1 Curve di sensazione sonora e dei rapporti sonori, elaborate da Robinson e Dadson dopo quelle di Fletcher e Munson. (Per gentile concessione della Blandford Press Ltd.).

chiamata da Alexander Graham Bell, è un'unità di misura particolarmente adatta per l'ingegnere audio o per l'appassionato che segue i suoi lavori, in quanto ha una base logaritmica — e l'orecchio umano reagisce proprio in modo logaritmico.

Ogni volta che l'intensità di un suono si raddoppia noi percepiamo una variazione di volume approssimativamente costante. Vale a dire, l'orecchio reagisce a variazioni proporzionali al livello sonoro, non a quantità effettive. Il doppio di due è quattro — e noi avvertiamo la variazione, che è due. Andando avanti, il doppio di quattro è otto, ma le nostre orecchie non avvertono una variazione di « quattro » nel livello sonoro, ma, nuovamente, la stessa variazione, « due ». La differenza tra il livello di un sussurro e quello di un colpo di tosse può benissimo avere sull'orecchio la stessa impressione soggettiva che c'è tra la differenza di livello di una porta sbattuta e di un'esplosione.

In termini di intensità misurabili i due intervalli distano naturalmente di parecchio.

Tutto ciò è reso più difficile dalla tendenza, propria dell'orecchio, a interpretare le variazioni di volume in modo diverso al variare della frequenza. Al variare del tono varia anche lo stimolo nell'orecchio.

Le differenze più grosse si riscontrano alle frequenze alte e basse, come si può vedere dalle curve di eguale sensazione sonora di figura 2.1.

Pubblicate originariamente nel Bell Laboratories Record del giugno 1934, le notissime curve di eguale « loudness » di Flechter e Munson vennero poi modificate da Robinson e Dadson, e sebbene non esistano differenze sostanziali, sono queste ultime curve quelle che presentiamo qui a fianco.

A 70 fon, o giù di lì, (1 fon è uguale a 1 decibel alla frequenza di riferimento di 1.000 Hz), livello per il quale diciamo che il loudness ha un'alta intensità, l'orecchio fornisce al cervello impressioni soggettive identiche per le frequenze di 200, 400, 700 Hz, 2, 6, 12 e 14 KHz circa.

Per la banda di frequenza che va da 90 Hz a 16 KHz la variazione dello stimolo è quindi di 10 dB. Sotto i 400 Hz la pendenza è meno accentuata, mentre la sensibilità va molto giù, tanto che a 20 Hz ci vuole uno stimolo di 40 dB per avere 70 fon. Rex Baldock, al quale sono debitore per quanto detto finora e per molte delle osservazioni che seguono, afferma che la pendenza

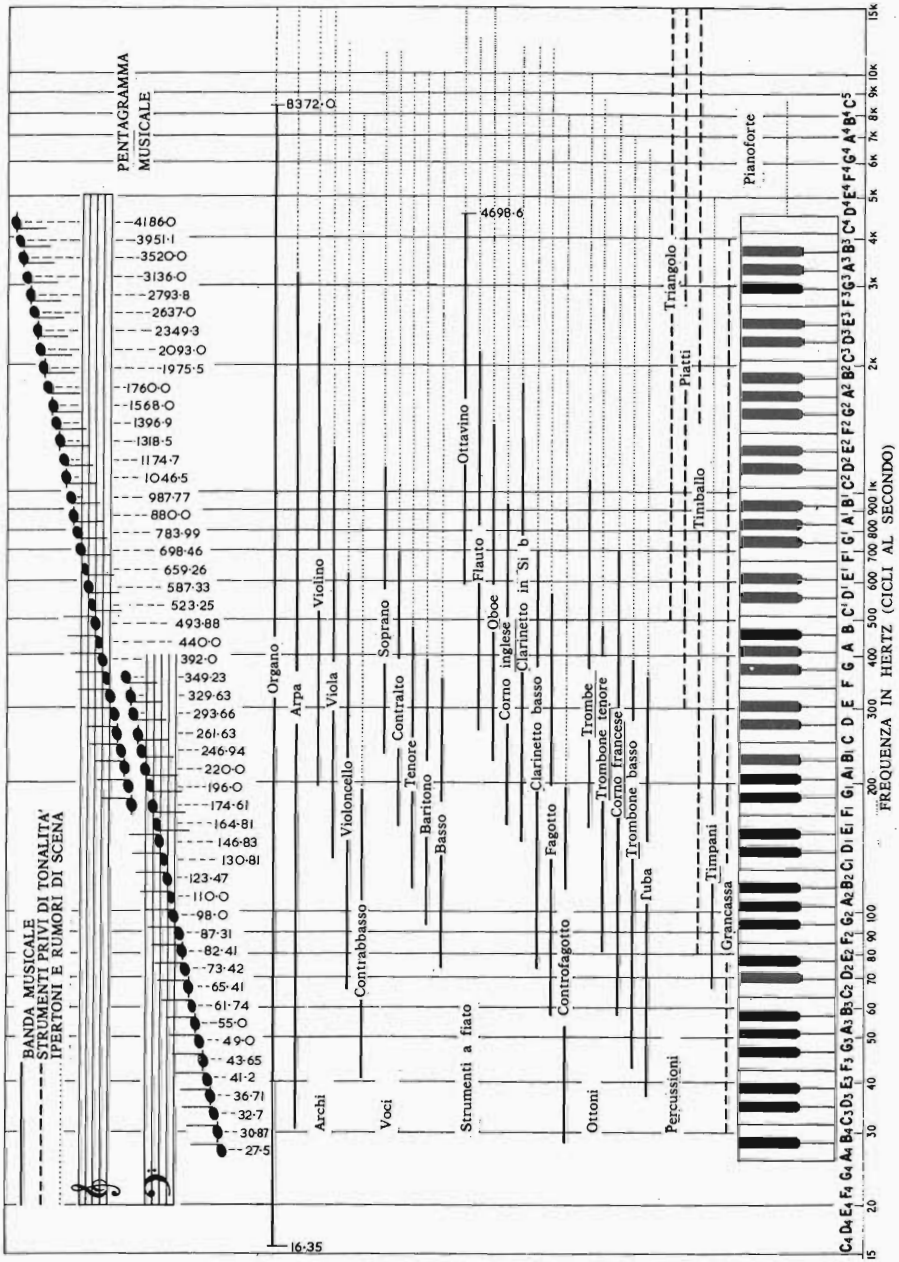


Fig. 2.2 Distribuzione delle frequenze, con riferimento alla tastiera del pianoforte. (Per gentile concessione della Blandford Press Ltd).

differenziale, su questa fascia di sensibilità, del loudness in funzione della frequenza è qualcosa come 24 dB per ottava.

Struttura dell'orecchio

Prima di poter cominciare a capire i problemi della stereofonia è necessario assimilare quel minimo indispensabile di nozioni relative al meccanismo dell'ascolto.

In base alle mie ricerche posso assicurare ai lettori che l'argomento merita uno studio molto più approfondito di quello che lo spazio a nostra disposizione consente, quindi consiglio viva-

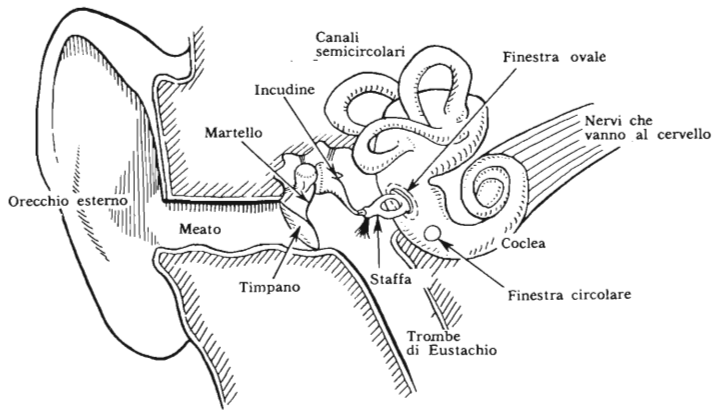
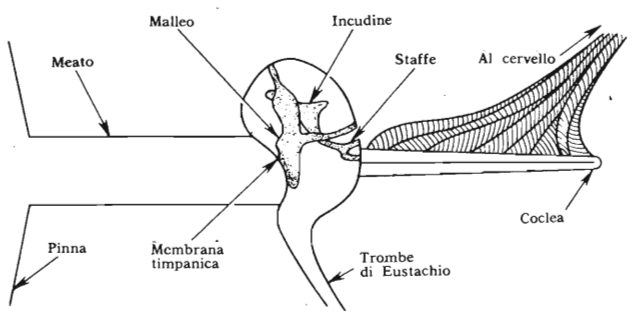


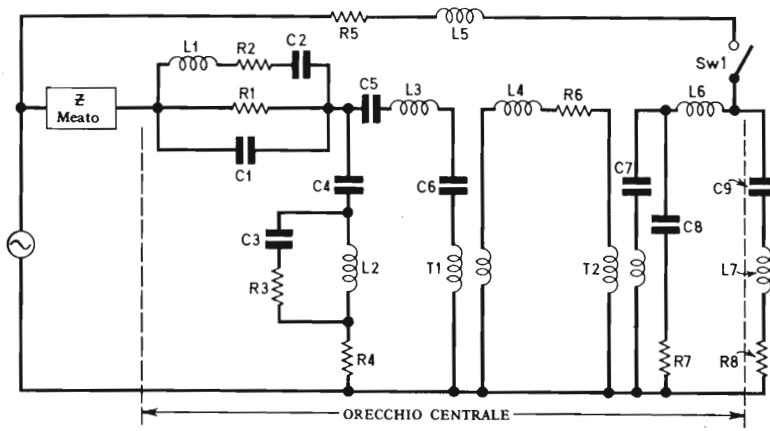
Fig. 2.3 (sopra): sezione trasversale dell'orecchio umano.

Fig. 2.4 (sotto) schema idealizzato delle parti essenziali di fig. 2.3.



mente gli audiofili seri di avviarsi alla scoperta dell'hi-fi cominciando proprio dal « buco dell'orecchio ».

La figura 2.3 illustra la struttura principale dell'orecchio medio in sezione. « Medio » è una parola importante qui, perché i mutamenti possono essere apparentemente enormi. Una volta effettuai per prova alcuni esperimenti sul mio orifizio uditivo — così lo chiamava il tecnico ENT (Ear Noise and Throat) che collaborava alle misure — e constatai differenze impressionanti, quasi imbarazzanti, rispetto alla media. Per questo mi consolo quando penso che l'epiteto « Big-Ears » (orecchie grosse) può essere considerato un complimento per gli appassionati del settore audio.



R1, R2, L1, C1, C2 — elementi dovuti alle cavità dell'orecchio centr.
R3, R4, L2, C3, C4 — elementi dovuti al timpano
T1 — leva malleo/incudine (varia con la frequenza)
T2 — leva incudine/staffa (varia con la frequenza)
R6 — Resistenza equivalente di Timpano, Malleo e Incudine

C5 — Complianza del timpano
C8 — Complianza Incudine/staffa
C9, L7, R8 — Elementi della coclea
L4 — Massa dell'incudine
R5, L5, SWI — Trombe d'Eustachio

C6, C7 — Complianza dei legamenti
R7 — Resistenza Incudine/staffa
L3 — Massa del malleo
L6 — Massa della staffa

Fig. 2.5 Equivalente elettrico dell'orecchio centrale, cioè della parte compresa fra il timpano e la finestra ovale. Anche se poco attinente con il contenuto del libro, questo schema fa vedere come sia possibile collegare proprietà fisiche pure ai loro equivalenti elettrici (per gentile concessione di Hi-Fi News).

Il meato, o condotto uditivo, è lungo circa 25 mm ed ha un diametro di circa 7 mm.

Non c'è bisogno del calcolatore elettronico per conoscere il volume medio di questa « cannuccia », che è di 1 centimetro cubico circa. Le sue pareti sono ricoperte da minuscoli peli inclinati verso l'esterno, con uno strato protettivo di cerume. Protettivo rispetto a quei minuscoli insetti vaganti o qualsiasi oggetto estraneo presente nell'aria. Scopo dei peletti protettivi è quello di salvaguardare la membrana del timpano.

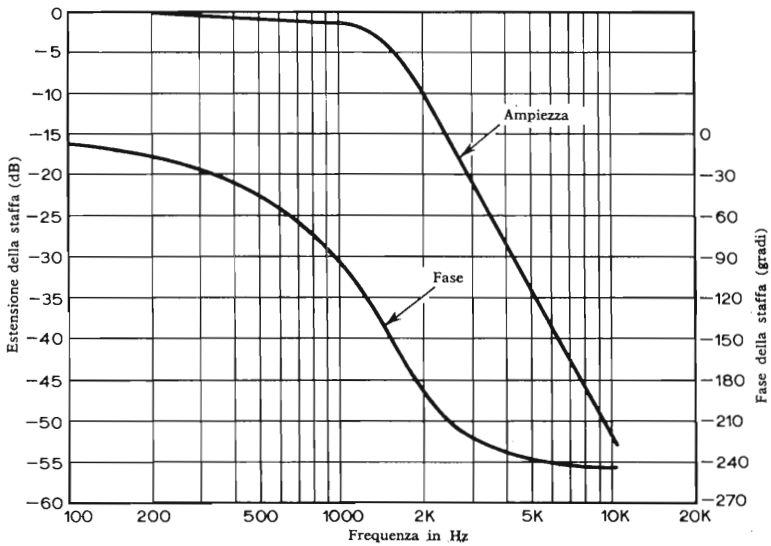


Fig. 2.6 Curva di risposta dell'orecchio centrale, il cui equivalente elettrico è mostrato in fig. 2.5. Da qui si vede che l'azione della staffa cambia al crescere della frequenza.

Questa superficie vitale, 0,85 cm quadri per uno spessore di un decimo di millimetro, ha una forma generalmente conica, inclinata verso l'interno, quasi ellittica agli estremi, con l'asse maggiore di 10 mm, quello minore di 9 mm, e il piano della superficie nuovamente inclinato.

Il meato ha una struttura meccanica che ha dell'incredibile: pensate che col suo piccolo diametro riesce a far sì che per le frequenze che l'orecchio e il cervello — in combinazione — ela-

borano, il movimento dell'aria avvenga in senso longitudinale, nel suo interno. Anche a 20 KHz essa misura meno di mezza lunghezza d'onda.

Fermandoci per il momento all'orecchio esterno, possiamo considerarlo, rispetto agli effetti del suono su di esso e alle varie frequenze dello spettro audio, come una canna d'organo rovesciata.

Fino ad 1 KHz il movimento dell'aria in ogni parte di questo canale chiuso rimane in fase, di modo che a basse frequenze la pressione esterna viene applicata direttamente al timpano.

Questo fatto, apparentemente poco importante, è fondamentale per la comprensione delle note successive sul « loudness » e sulla frequenza, oltre che dei successivi passi sui fenomeni di frequenza più alta. In particolare, con riferimento a quelle curve di egual sensazione sonora e rammentando come va la sensibilità dell'orecchio umano intorno ai 3-4 KHz, va ricordato che in questa banda di frequenze il canale misura approssimativamente un quarto di lunghezza d'onda. Cosicché le vibrazioni a ciascun estremo di tale « tubicino » saranno sfasate di 90°, stando alle note regole generali di acustica.

Questo significa che l'estremo chiuso di tale canale è sottoposto ad una amplificazione di pressione. È impossibile riportare figure esatte, a causa delle grosse variazioni di forma, delle variazioni dei peletti e del cerume, della flessibilità della struttura dell'orecchio umano nonché di cento altre piccole difficoltà; tuttavia possiamo dire che, in generale, la pressione sonora cui è sottoposto il timpano, nella zona compresa fra i 3.5 e i 4.5 KHz, ha un massimo intorno a +15 dB.

Valli e picchi

Andando a studiare meglio quest'argomento, notiamo la presenza di massimi e minimi nella curva di risposta tipo (grafico della pressione sonora rispetto alla frequenza) intorno alle frequenze di 7-8, 10-12 e 15-17 KHz.

Un esame un po' più accurato mostra che a queste frequenze il canale uditivo presenta risonanze a 1/2, 3/4 e 1 lunghezza d'onda.

Anche se queste variazioni sono di pochi decibel e nonostante alcuni ragazzi (o coloro le cui orecchie siano state pulite di re-

cente) abbiano una risposta esaltata sulle alte frequenze, è sicuro che la risposta media va giù bruscamente dopo i 15 KHz, e il superamento di questo valore è da considerare eccezionale.

Tutto ciò grazie a un semplice canale di 1 cc circa, che finisce con un timpano di massa 10 milligrammi, il quale « pilota » tre piccoli ossicini che funzionano da trasformatore meccanico. Più vi fermate a pensarci, e più aumenta la vostra meraviglia.

Il collegamento con gli ossi è dato dalla combinazione del martelletto, dell'incudine e della staffa — ovvero, se vogliamo chiamarli con il loro nome scientifico, il malleo, l'incudine e lo stapedio. Questi piccoli ossi si snodano attraverso la parte centrale della struttura principale dell'orecchio; essi collegano il canale uditivo al centro dell'orecchio. Il manico del « martelletto » è attaccato all'estremità interna del timpano, e suo compito è quello di fornire la pressione interna già menzionata. La parte centrale dell'orecchio presenta inoltre due membrane a forma di « finestrelle », una ovale e una circolare.

La prima di queste dà nella parte principale dell'orecchio interno, che è collegato proprio all'estremità inferiore della staffa. Il suo nome anatomico è « fenetra ovalis » e il suo diaframma è circa 1/25 di quello del timpano, da cui il cambio di nome.

Il sistema dei tre ossicini svolge il proprio compito in una piccola cavità di 9 cc circa, ma questa è collegata tramite un canale di 36 mm, le trombe di Eustachio, alla gola; questo spiega perché in volo, p. es., è possibile equalizzare la pressione sul timpano semplicemente deglutendo.

Lo scopo finale di questa complicata struttura è quello di ridurre gli effetti dannosi provocati da grosse variazioni di pressione, e abbiamo già visto quanto esse possano essere grosse.

A questo punto non posso fare a meno di citare direttamente Rex Baldock dal suo lavoro per la rivista *Hi-fi News* del 1972, dal titolo *Audio Annual '72*. Egli afferma:

« Durante il suo primo sviluppo l'embrione umano è sottoposto a una serie di incredibili cambiamenti di forma che passano attraverso varie organizzazioni di vita; ma la cosa interessante è che all'inizio si formano un certo numero di fessure branchiali tipo girino.

Le varie scuole di evoluzionisti hanno trattato a fondo questi problemi, e gli studenti di medicina hanno parecchia dimestichezza con i cambiamenti generali dell'embrione riassunti nella Teoria della Biogenesi — l'ontogenesi ripercorre, se volete, la

Filogenesi — la quale afferma che durante alcuni stadi del suo sviluppo l'embrione ripropone forme ancestrali.

Nel caso dell'uomo una di queste fessure branchiali è sottoposta a modifiche che ritroviamo poi sotto forma di pinna, di condotto auditivo, di timpano e di trombe di Eustacchio. I primi due ossicini, il malleo e l'incudine, vengono fatti derivare, in base a reperti fossili, alle mascelle snodate di qualche antico rettile che nel corso dei secoli, sono andate man mano cambiando sia in forma che in dimensione. Una analisi più approfondita mostra che se la finestra ovale venisse immersa in acqua — acqua di mare, per esempio — essa sarebbe molto indicata per trasmettere i suoni verso l'interno. Tutto ciò starebbe a dimostrare come lo sviluppo del timpano e degli ossicini sia dipeso dalle peripezie dell'uomo sulla terra asciutta ».

I rapporti strutturali

Man mano che andiamo avanti nello studio della struttura dell'orecchio umano ci colpisce sempre più il modo con cui la Natura ha cercato di adattare tra loro varie componenti.

Prendete ad esempio il problema dell'adattamento di impedenza tra il piccolo volume d'aria racchiuso nella cavità dello orecchio e tutta l'aria esterna. L'impedenza caratteristica dell'aria è mediamente 41 Ω /cm^2. All'interno della coclea, divisa in due dalla membrana principale per tutta la sua lunghezza, il fluido perilinfatico ha il compito di trasmettere le variazioni di pressione esterna dal timpano e dagli ossicini alla piccola finestra circolare che mette in comunicazione con la zona d'aria dell'orecchio centrale.

L'eliocotrema, un orifizio posto fra le due sezioni della coclea, provvede allo scambio di pressione fra i due compartimenti.

Ma l'informazione sonora viene trasmessa al cervello lungo 24.000 fibre sottilissime che partono dall'organo del Corti, collegato alla coclea.

Quindi il trasferimento dell'energia sonora dall'orecchio esterno a quello interno si svolge in varie fasi, attraverso gli ossicini e la riduzione delle aree che hanno funzione di diaframma per permettere l'equalizzazione con l'impedenza caratteristica del li-

quido perilinfatico, che ha un valore prossimo ad un milione e mezzo di ohms/cm².

È necessaria quindi una riduzione nel rapporto 3900:1.

In pratica solo il 30% dell'energia sonora viene trasferita, alle frequenze di riferimento di 1 KHz; vale a dire, si ha una perdita per l'orecchio interno di 5.5 dB circa — che sarebbe in realtà una perdita del 24,5%, o un trasferimento di un decimo dello 0,1 per cento, se non fosse per il complicato sistema di collegamenti descritto. Queste considerazioni sono tratte dai lavori di Békésy.

Andando un po' più a fondo troviamo che questi minuscoli e miracolosi ossicini sono fra i più piccoli del nostro corpo, e già dalla nascita assumono la loro forma definitiva.

Il malleo e l'incudine pesano in media 25 mg, mentre la staffa pesa solo 15 mg. La massa effettiva attribuita al timpano è, alle frequenze medie ed alte, di circa 12 mg, come afferma Rex Baldock « *non peggiore di molti vecchi fonorivelatori* ». Esiste inoltre un'azione di filtro tipo passa basso causata dalla massa di queste ossa e dalla complianza della staffa — ovvero il coefficiente di « elasticità ».

Se consideriamo una sezione dell'orecchio, dalla parte più esterna fino alla finestra ovale interna, notiamo che la sua risposta in frequenza va giù abbastanza uniformemente, con pendenze di circa 18 dB/ottava, sopra i 1500 Hz, fino ad arrivare ai — 51 dB a 10 KHz.

Come se ciò non bastasse, c'è un ritardo di circa — 250 microsecondi a 2KHz, dovuto a caratteristiche di fase, il quale alle frequenze più alte si abbassa linearmente fino a 70 μ S.

I dispositivi di protezione

Il nostro orecchio ha insiti in sé vari dispositivi protettivi, tra cui una differenza tra la rigidità del timpano rispetto all'aria esterna e quella relativa all'aria interna. La pressione interna prevale su quella esterna, proteggendo così l'orecchio dai suoni esplosivi, almeno in parte.

A livelli sonori molto alti, diciamo intorno ai 130-140 dB (2×10^{-4} dine/cm², la staffa modifica la sua azione, creando per una specie di effetto a « leva articolata » molte sottoarmoniche, mentre a livelli ancora più alti il suo movimento è di tipo rotazionale.

Questa azione, unitamente a quella, anch'essa modificata, del malleo e dell'incudine, attenua il segnale, proteggendo così la parte interna dell'orecchio.

Da notare che questa azione « combinata » dei vari ossicini si attua ogni volta che sussistono dei pericoli di danneggiamento reciproco.

I movimenti di queste ossa sono molto contenuti. Anche a basse frequenze e a livelli molto alti il movimento del timpano è di meno di un quinto di millimetro. Lo si potrebbe vedere anche ad occhio nudo, se fosse possibile in qualche modo arrivare a vedere dentro l'orecchio proprio mentre la « percussione » si smorza.

Durante lo sviluppo a forma di « guscio di lumaca » della coclea avvengono molti altri fenomeni affascinanti. Sebbene il suo volume totale sia una frazione di un centimetro cubico, essa può arrivare (se si aprisse per stendere i suoi 2 giri e 3/4) fino a 35 mm, divisa in due da una sporgenza ossea per tutta la sua lunghezza, tranne che nel buco già menzionato.

Tra questo rialzo e la parete esterna della coclea c'è la membrana principale, mentre la « Membrana di Reissner » sta fra la parete esterna e una fetta della sporgenza. Il fluido endolinfatico sta proprio in questa cavità, mentre il resto della coclea contiene il fluido perilinfatico che permette la trasmissione e l'equalizzazione della pressione.

Ad una estremità della membrana principale sono attaccate migliaia di cellette, ognuna sostenuta da un centinaio di sottolissimi peli, denominati stereociglia — un ottimo nome di riferimento per voi! Questi sottili peli hanno un diametro di 0.15 micron, la milionesima parte del diametro di un capello della vostra testa, e sono lunghi soltanto pochi micron, immersi continuamente nel liquido endolinfatico.

Tutta questa parte è chiamata « organo del Corti » e rappresenta il delicato meccanismo di base dal quale dipende la comprensione del suono.

Questa azione combinata fra finestra ovale e membrana principale ha come equivalente una linea di trasmissione graduata o a scatti. A causa del tipo di fluido e della sua forma, la velocità delle onde che si propagano lungo la coclea è circa il 4% di quella in aria libera, ossia circa 13 metri al secondo, cosicché c'è un ritardo effettivo di 2.5 millisecondi circa su tutta la sua lunghezza.

La maggior parte dell'informazione temporale su cui ci basiamo per la ricezione del segnale stereofonico dipende da questo ritardo e dallo smorzamento causato dal fluido, oltre che dalla sottile conformazione della coclea.

La risposta in frequenza

Quando studiamo la risposta in frequenza così come il loudness (o sensazione sonora) del nostro orecchio riscontriamo alcune caratteristiche peculiari ancora più notevoli. La membrana

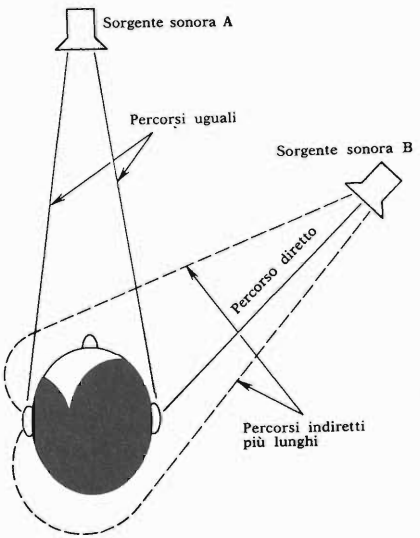


Fig. 2.7 La sensazione direzionale dipende dal tempo di arrivo, dall'intensità sonora e dalla natura della forma d'onda. Volendo semplificare le cose, si può affermare che i suoni devono passare intorno alla testa, oppure devono percorrere un cammino più lungo, a meno che non arrivino direttamente davanti o di dietro.

principale vibra in posti differenti, a seconda delle varie frequenze; infatti le frequenze più alte causano la vibrazione della parte vicina alla finestra ovale.

E qui, di nuovo, facciamo intervenire il signor Baldock: « *Considerando una regione di massima risposta, si trova che le*

cellule nervose producono variazioni improvvise delle attività chimiche, accompagnate da impulsi elettrici il cui potenziale può raggiungere i 30 mV. Questi impulsi vengono trasmessi al cervello a velocità di 100 metri al secondo, non sono più di mille per secondo all'inizio, e si osserva che sono legati al livello dello stimolo più che in modo lineare, in decibel. In effetti, la variazione delle pulsazioni sembra essere proprio una funzione logaritmica, o quasi, dello stimolo, e questo su un'estensione di 120 dB, a frequenze medie ».

Il che, direte voi, giustifica la mia affermazione iniziale che l'orecchio « ascolta » in modo logaritmico, cosa questa con la quale avremo sempre più a che fare nel corso del libro.

La sensazione uditiva si basa su un aumento improvviso della tensione cerebrale, o almeno questa è l'opinione diffusa, che giustifica anche le perdite riscontrate nell'orecchio centrale.

La risposta delle cellule nervose decresce, all'incirca, sotto i 750 Hz, e invece dell'aumento previsto di 6 dB, necessario per produrre una sensazione sonora doppia a 1 KHz, troviamo che l'orecchio centrale necessita di 10 dB. Perciò quando si parla del processo d'ascolto del nostro corpo dobbiamo considerare anche l'azione del sistema nervoso centrale, il quale agisce come una specie di compressore dinamico.

Siamo proprio creature strane, non trovate?

Uno dei fattori che vedremo meglio in seguito è l'uso dei controlli per la compensazione del « loudness ».

Molti appassionati dell'alta fedeltà li disprezzano; altri invece fanno uso di qualsiasi « compensatore », convinti semplicemente che un sistema stereofonico deve essere adattato all'acustica dell'ambiente. Tuttavia la risposta dell'orecchio va effettivamente giù alle frequenze alte e basse, quando il livello sonoro è basso, cioè quando i suoni sono attenuati.

Su un intervallo di 50-90 dB, l'effetto soggettivo a 15 KHz è approssimativamente uguale a quello a 1 KHz, ma se abbassiamo il livello sonoro, troviamo che la soglia del sistema d'ascolto si alza, anche di 20 dB. Una delle ipotesi è che questo serve a proteggere dagli effetti del rumore di sottofondo — che nella regione più sensibile dei 3-4 KHz del nostro campo d'ascolto, è rappresentata dai disturbi provocati dalla agitazione casuale delle molecole dell'aria.

Mr. Baldock riporta come livello critico di potenza un valore di 2×10^{-17} Watt — valore particolarmente basso.

A frequenze più basse l'effetto è ancora più marcato, a 20 Hz il livello di soglia è quasi 70 dB più alto di quello ad 1 KHz, anche se la pendenza della sensibilità (aumentata) è molto più ripida dalle basse alle medie frequenze.

Risultato di questa correzione fisiologica è un'estensione dinamica, fra il basso livello d'ascolto e il livello di dolore superiore, di circa 75 dB ai livelli sonori più bassi, da confrontare con i 120 dB tipici delle frequenze medie, più sensibili. Al di sotto dei 15 Hz la sensazione uditiva è completamente scomparsa, o quasi. In effetti non si sa se sotto i 20 Hz (soglia del dolore) il nostro può considerarsi un ascolto e non piuttosto una sensazione.

Alle frequenze più alte, il dolore può assumere fasi veramente fastidiose (mal di testa, nausea ed altri sintomi non eliminabili) se il livello sonoro viene aumentato per compensare quelle diminuzioni proprie del nostro orecchio. Anche qui, a frequenze alte, tipicamente 16 KHz, più che di ascolto effettivo bisogna parlare di sensazioni abbastanza acute.

Man mano che si diventa vecchi si tende a perdere queste frequenze per prime. Un giovinetto può arrivare a sentire anche oltre i 20 KHz, mentre una persona anziana arriva, in certi casi, a non percepire nulla al di là dei 4 KHz.

La cosa spiacevole è che parecchi ascoltatori di sistemi di riproduzione sonora, magari già avvizziti e pallidi, non vogliono ammettere, neanche a se stessi, che le loro facoltà uditive sono venute meno.

Rex Baldock viene incontro a noi ascoltatori più vecchi suggerendoci di tenere la bocca aperta! « *La conduzione ossea attraverso il nostro cranio* — egli afferma — *modifica ben poco la risposta uditiva, e l'apertura delle mascelle — a proposito, quella inferiore risuona a* 110-180 *Hz — dà luogo ad un aumento sugli acuti ...* »

Lei lo sapeva, signora, che la sua mascella inferiore risuonava a questa frequenza?

Il mascheramento e la Stereofonia

In secondo luogo va considerato il fenomeno dell'effetto di mascheramento, assieme a tutti quei fattori che riguardano la direzionalità e la percezione della stereofonia.

Può essere opportuno ricordare, ora che stiamo parlando dell'orecchio, che entrambi questi effetti sono importanti, e vengono corretti o modificati dalla struttura fisiologica che abbiamo fin qui descritto.

Il mascheramento, ad esempio, effetto per cui una nota bassa riesce a « mascherare » l'effetto soggettivo di una nota alta, alzando il suo livello di soglia, ha inizio nell'orecchio interno. La membrana principale ha una risposta asimmetrica lungo il suo asse, infatti tende a dare precedenza ai fenomeni di ampiezza maggiore, e, come abbiamo già notato, sa distinguere anche le frequenze.

Quindi, in presenza di tonalità miste, il suono effettivo ascoltato potrebbe portare solamente a piccoli rapporti fra il miscuglio misurato di livelli fisici energetici e le varie frequenze.

È quasi un piccolo miracolo il fatto che siamo in grado di ascoltare e distinguere (e anche ricordare) melodie semplici, senza preoccuparci di identificare i complicati intrecci di un pezzo orchestrale o dell'ambiente rumoroso circostante.

Per quel che concerne la direttività e la sensazione stereofonica, si è trovato che il cervello sfrutta le differenze dell'ampiezza del segnale, il tempo d'arrivo del segnale, le differenze di fase e gli effetti spaziali, tutti in modo diverso al variare della frequenza del segnale.

Riusciamo a discriminare un suono a noi noto fra un insieme di suoni sconosciuti — il ben noto effetto « cocktail-party »; riusciamo a sentire distintamente anche piccoli ritardi temporali del segnale che arriva — fino a pochi microsecondi, nonostante i ritardi molto più lunghi insiti nel meccanismo dell'orecchio, come abbiamo appena visto.

Nel meato c'è un ritardo di 60 μS, nel meccanismo degli ossicini invece i ritardi sono compresi fra i 70 e i 250 μS, mentre lungo la membrana principale esistono ritardi di centinaia di microsecondi.

Quando diciamo che questi elementi sono legati anche a variazioni di frequenza e di sensazione sonora, dobbiamo ricordare, con il dovuto timore reverenziale, che il nostro sistema nervoso è molto più complicato di qualsiasi tipo di computer, da noi venerato quasi come un dio.

In pratica, né il parlato né la musica sfruttano completamente, in ambiente aperto, tutte le facoltà dell'orecchio. L'inter-

vallo di tempo durante il quale un pieno orchestrale fa uso dei « dispositivi » per l'alta frequenza del nostro orecchio, rappresenta un semplice due per cento. Questo avviene quando confrontiamo i livelli di intensità delle frequenze sopra i 10 KHz con quelli ad 1 KHz.

Quando registriamo e poi riproduciamo i suoni che vogliamo ascoltare, il risultato è un livello « medio » più elevato, dovuto a fenomeni di compressione, richiesti da esigenze tecniche. Le componenti di frequenza superiore ai 6 KHz presentano, sulla radio, sul disco o sul nastro, una distribuzione completamente uniforme, e le ritroviamo sempre, a meno di prendere opportuni provvedimenti per eliminarli; per esempio con sistemi di riduzione del rumore.

Una delle caratteristiche maggiori dell'ascolto stereofonico è che, per poter apprezzare pienamente quello che si ascolta, sia esso musica, che parlato o semplice suono, è necessario disporre di estensioni in frequenza e in intensità più ampie.

Per gli iconoclasti come me, si tratta di una peculiarità ben accetta, e può essere evidenziata facilmente commutando, durante l'esecuzione di un brano, dalla riproduzione stereo a quella mono, senza farlo sapere all'ascoltatore.

Direzionalità

Leggiamo e accettiamo, prendendolo per buono, che l'uomo è naturalmente provvisto della facoltà stereofonica.

Cos'altro ci dovremmo aspettare da due orecchie? Tuttavia la questione dell'ascolto stereo non è così banale.

Nella ricostruzione del suono originale da parte del cervello, differenze temporali, effetti spaziali, l'influenza del riverbero, variazioni di fase dei numerosi segnali così come la direzionalità, giocano tutte un loro ruolo.

Le prime ipotesi sulla stereofonia — nient'altro che contraddizioni, miti, fraintendimenti — facevano uso del « fatto » che l'ascolto del segnale avveniva da una specie di palcoscenico sonoro, così che la direzione delle singole note veniva separata nella testa, in modo da avere la sensazione di localizzazione spaziale.

Tuttavia, se da una parte è vero che una sorgente sonora può essere localizzata dalle nostre due orecchie a causa della differenza fra le sensazioni uditive ricevute da ciascuna, è anche

vero che questa è solo una delle cause: infatti, se l'unico fattore fosse la direzionalità, l'uomo vivrebbe in un mondo monoaurale.

Forma d'onda e frequenza del segnale sono legate alla nostra ricezione, influenzando in qualche modo la direzionalità. Le basse frequenze ad esempio sono caratterizzate da lunghezze d'onda maggiori. Non è sempre utile collegare le onde sonore alle ondulazioni di una distesa d'acqua, come fanno molti libri, ma qui l'analogia può servire a qualcosa.

Visualizzate pure le onde sonore che viaggiano allontanandosi dalla sorgente, ma ricordate che se le rappresentiamo come mo-

Fig. 2.8 Direzionalità. Non è facile registrare contemporaneamente voci e musica; il posizionamento dei microfoni giova sempre un ruolo fondamentale se si vuole che l'orecchio dell'ascoltatore conservi il «posizionamento mentale». Nella foto la London Sinfonietta diretta da David Atlerton con il coro durante una incisione.

vimenti su una superficie piana, nella realtà, esse si propagano attraverso l'aria (o qualsiasi altro mezzo) in tutte le direzioni, come l'esplosione di una sfera. Più bassa è la nota, più bassa è la frequenza, come abbiamo visto nel capitolo I; frequenza che si

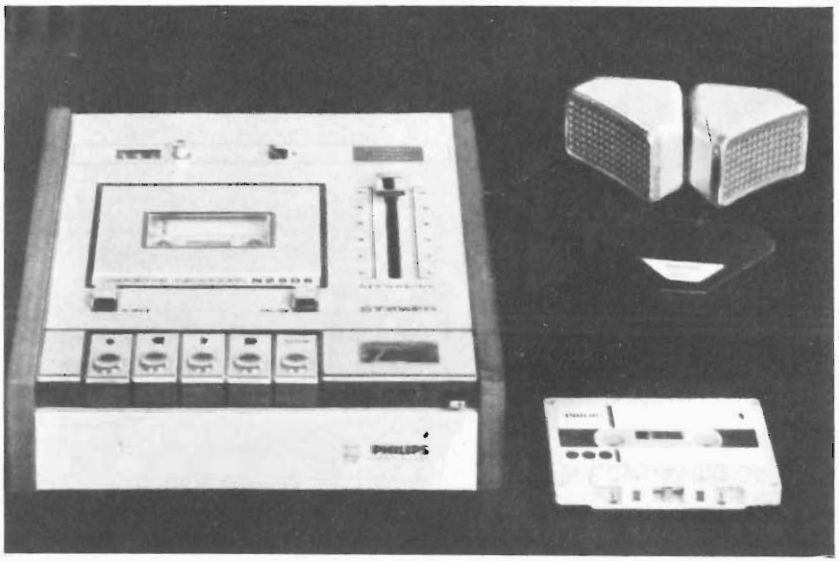


Fig. 2.9 È possibile ottenere la direzionalità anche con apparecchi stereofonici semplici, come si può vedere dal supporto microfonico di questo registratore a cassette Philips N 2503.

misura in cicli per secondo, o, come si chiama oggi, in Hertz, in memoria di uno dei più grossi pionieri della scienza.

Ma le onde sonore viaggiano attraverso l'aria libera con la stessa velocità, qualunque sia la loro frequenza.

Una volta che il suono è stato prodotto, le variazioni di pressione dell'aria si propagano verso l'esterno ad una velocità di 344 metri al secondo circa. Quindi, se l'onda ha una frequenza bassa, ma deve arrivare all'ascoltatore nello stesso tempo in cui arrivano le frequenze più alte, allora la lunghezza d'onda delle frequenze basse sarà più lunga.

Dal punto di vista del tempo e del moto, può essere utile ricordare che quando tocchiamo la corda più bassa del pianoforte, questa vibra avanti e indietro per 27.5 volte al secondo, ed è la corda più lunga che c'è — all'estremità acuta, invece, la vibrazione della corda più corta si ripete 4000 volte al secondo.

Abbiamo già visto come le nostre orecchie siano sensibili alla frequenza e all'intensità sonora in modo non lineare. Le note

basse tendono ad « avvolgerci » tutt'intorno, mentre le note acute ci aiutano ad ottenere l'effetto direzionale, dato che i loro impulsi giungono a noi molto più frequentemente e la loro lunghezza d'onda, molto più corta, fa sì che un numero maggiore di esse colpisca il timpano nell'unità di tempo. Questo semplice fenomeno, spiegato in maniera così contorta nei paragrafi precedenti, può essere spiegato facilmente, basta mettersi per un po' di fronte ad un diffusore mal progettato, il cui tweeter (l'altoparlante per gli acuti) venga fatto entrare in vibrazione all'improvviso, come la lingua di un serpente affamato.

Molto più facile da capire è invece la direzionalità in funzione del tempo di arrivo o della differenza di intensità sonora. Ovviamente, se si produce un suono da una parte rispetto alla posizione dell'ascoltatore, questo suono raggiungerà prima l'orecchio più vicino e poi l'altro. E risulterà anche più intenso all'orecchio più vicino. Le differenze sono molto sottili: un impulso di pressione sonora impiega soltanto mezzo millesimo di secondo per passare da un lato all'altro della testa; ma l'orecchio si rende conto di queste differenze con una facilità considerevole.

Perché allora, direte voi, un suono proveniente direttamente di fronte a noi ci appare distinto, e non si confonde con altri provenienti direttamente da un lato — anche se il tratto percorso dai suoni diretti è lo stesso?

I lobi del nostro orecchio, come abbiamo già visto, non vanno intesi come intrappolatori di suoni, sebbene siano in grado di migliorare la sensazione direzionale alle alte frequenze. Il fattore in più è, in questo caso, il riverbero, ovvero, per essere più espliciti, l'influenza ambientale della stanza. Nel paragrafo precedente usavamo deliberatamente la parola « diretto ».

Ciò che ascoltiamo è costituito in parte di suoni diretti e in parte di tutti gli echi riflessi dai muri, dal pavimento, dal soffitto e da tutti gli oggetti rigidi intorno a noi nella stanza. E questi suoni ci giungono con piccole differenze di tempo. Daremo una occhiata più da vicino a questo argomento nel capitolo VI.

3. Stereofonia e cinema

La stereofonia deve molta della sua fortuna all'industria del cinema. È un dato di fatto che fu lo spreco avventato del denaro, così sembra ad alcuni di noi, a permettere agli sperimentatori di essere indulgenti con se stessi.

E nel 1935, quando James Miller introdusse un metodo per la registrazione meccanica del film, colpì più che altro la novità in sè, forse la curiosità, piuttosto che la ricerca di una miglior qualità: più o meno il tipo di atteggiamento che abbiamo noi, oggi, nei riguardi dei progressi della quadrifonia. Almeno spero!

Era il 1935 quando la gente ebbe la prima prova dimostrativa dai Bell Telephone Laboratories. Questo avvenne nel corso di una convenzione della Society of Motion Picture Engineers, a New York.

Il metodo potrebbe apparire oggi perfino ovvio, tuttavia allora si dimostrò rivoluzionario.

Venivano registrate due tracce appaiate su un lato della pellicola e la riproduzione avveniva, attraverso sistemi audio separati, tramite una coppia di altoparlanti posti ciascuno ad un lato dello schermo. Il sistema di registrazione sfruttava una valvola luminosa a quattro filamenti o nastri, con due filamenti azionati da un microfono e gli altri due dall'altro microfono; questi ultimi erano posti ai due lati del palcoscenico sonoro, così come gli altoparlanti per la riproduzione.

Ma questa prova dimostrativa fu fatta per un pubblico ristretto e composto per la maggioranza da gente interessata a quei problemi.

J. P. Maxfield pubblicò le sue scoperte nel 1938, nel numero di febbraio della rivista del SMPTE. Sembra che sia andato svi-

luppando l'argomento preferito da Bell, cioè che anche una riproduzione stereofonica non fedele era da preferire alla monofonia di alta fedeltà: opinione questa che alcuni dei nostri progettisti Hi-fi non sembrano condividere oggigiorno!

Il ping-pong sperimentale

Ritengo sia stato questo film ad aver avuto l'onore di presentare al mondo la dimostrazione, divenuta ormai storica, di una partita di ping-pong, filmando un incontro vero.

C'era anche un'orchestra sinfonica, e, sul finire, come novità, un attore che inciampava contro un mobile in una stanza quasi completamente buia che alla fine veniva illuminata, per dimostrare che le orecchie dell'ascoltatore non si erano lasciate ingannare da queste cose.

Ma per la gente in genere, la prima scintilla fu probabilmente il film stereoscopico prodotto da John A. Norling in occasione della New York World's Fair del 1939, il quale sembra sia stato visto e ascoltato da quasi cinque milioni di persone.

Un buon preludio per l'indimenticabile *Fantasia* che presentò al mondo i sistemi sonori multi-canale (il cinema stereofonico).

In quei tempi, siamo tra la fine degli anni trenta e l'inizio dei quaranta, c'erano cose molto più importanti cui pensare, piuttosto che le tecniche di svago, tuttavia i Bell Telephone Laboratories avevano lavorato per anni intorno al loro Stereo Sound Film System (SSFS), basato su alcuni dei lunghi collegamenti stereofonici via filo tra Filadelfia e Washington, inaugurati nel 1933. Contemporaneamente la RCA e i Walt Disney Studios lavoravano al progetto *Fantasound* a Hollywood.

Lo Stereo Sound Film System (SSFS)

Può sembrare strano che le tecniche sonore applicate al cinema siano venute alla ribalta in quel periodo solo perché la capacità di immagazzinamento era molto più facile e vistosa.

Il nastro magnetico era ancora una prerogativa tedesca, considerata rischiosa, finché la Brush Co. non lo sfruttò insieme alle prime macchine a filo e a quelle per la produzione di nastro all'acciaio e finché due chimici di una compagnia mineraria non

tentarono di produrre una nuova forma di confezionamento: così nacque il nastro 3M.

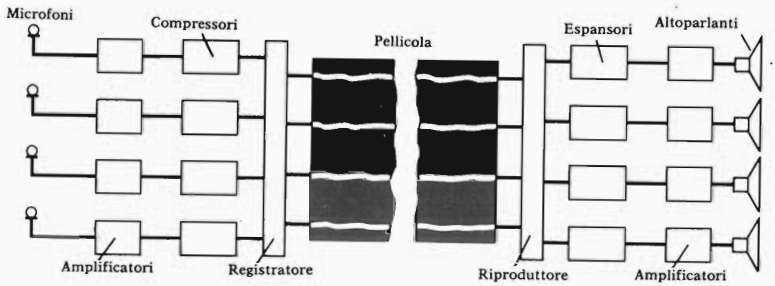


Fig. 3.1 Il sistema di Bell, denominato SSFS, usava compressori ad espansori, ed una traccia sonora a superfice variabile. Lo scopo era quello di aumentare la gamma dinamica, eliminando nello stesso tempo il rumore e preservando la separazione stereo.

Ma questo avveniva nel dopoguerra e anche la BASF (che produceva soprattutto soda!) cercava di migliorare la qualità di registrazione, insistendo sul supporto, sul fissaggio e sugli ossidi del nastro. Il lavoro svolto prima della guerra e durante i suoi inizi, era diretto soprattutto ai problemi dell'ascolto, alle tecniche di trasmissione del suono e ad alcuni metodi per comprimere l'estesa dinamica, di cui si è parlato nel precedente capitolo, in qualcosa di più maneggiabile nella fase di riproduzione. Proprio le attività dell'SSFS.

Bell era stato occupato in quegli anni, il 1939 e il 1940, con i centri dimostrativi delle World Fairs di San Francisco e New York.

Gli ignari visitatori venivano usati come cavie e in questo modo si analizzarono l'estensione dell'ascolto umano per un gran numero di persone. Tutto ciò aiutò gli ingegneri per la determinazione dei limiti sonori. Veniva prodotta per la platea d'ascolto un'intensità massima di 120 dB — la soglia per cui il suono diventava insopportabile e l'intensità sonora, più che udita, veniva sentita.

Tutto questo dipendeva dalla frequenza, e così pure il livello di rumore dell'ambiente. Harvey Flechter asseriva, piuttosto arbitrariamente, nel 1941, che i livelli sonori più bassi al di sotto dei 200 Hz e sopra i 6000 Hz (o cicli per secondo, nell'accezione

di allora) potevano essere distinti dall'apparato d'ascolto dello ascoltatore, e che, entro queste frequenze, il rumore di fondo della stanza giocava un ruolo più importante limitando così l'intervallo di registrazione utile.

Queste scoperte si legano bene con le nostre precedenti affermazioni sul suono e sull'ascolto, e possiamo anche mettere da parte le ultime riserve se esaminiamo i metodi usati per mettere in luce questi fattori.

A Flechter, un altro pioniere audio come tanti, non viene sempre data la giusta importanza per il lavoro portato avanti da lui stesso e che altri proseguirono sui suoi suggerimenti.

Inizialmente, la tecnica consisteva nell'amplificare la corrente del microfono e metterla su film sotto forma di traccia sonora. Sebbene questi metodi possano sembrare primitivi rispetto alla procedura odierna, i sistemi meccanici e a valvola descritti erano allora in anticipo rispetto ad altri sistemi.

Bell usò per uno dei suoi esperimenti quattro tracce sonore per una pellicola da 35 mm. Si usava una tecnica di stampa a superficie variabile, piuttosto che l'altra a densità variabile. Anche qui intervenivano i problemi connessi alla necessità di ottenere dei limiti dinamici molto ampi sulla registrazione.

Ma anche così, con un rapporto segnale-disturbo non superiore ai 53 dB, a causa delle limitazioni fisiche e di elettronica, la differenza fra il limite superiore e inferiore di Harvey Flechter era più piccola di quella che poteva essere sopportata.

Per una riproduzione più fedele ci sarebbero voluti 80 dB (H. F. diceva che per un pieno orchestrale ci volevano 78 dB — forse non aveva mai ascoltato l'ultimo Mahler!).

Il « Companding »

La risposta al problema viene data da un compromesso tecnico, non da soluzioni musicali, anche se la controversia su questo fatto è, ancora oggi, aperta.

Per riprodurre un intervallo dinamico di 80 dB su una « superficie » utile di 50 dB è necessario comprimere, in fase di registrazione, ogni volta che passaggi sonori molto forti minacciano di danneggiare l'impianto, per poi espandere in fase di riproduzione.

La tecnica del companding (compressione-espansione) è un argomento che meriterebbe un capitolo a sé e probabilmente finirebbe per mettere alle corde parecchi lettori, quindi cercherò di spiegare, brevemente, questo processo di Bell, con la speranza che voi mi seguiate abbastanza a lungo da non aver bisogno di ulteriori spiegazioni nei capitoli successivi, nei quali si andrà a descrivere i processi Dolby e Burwen.

All'aumentare del suono, e quindi man mano che i « rigonfiamenti » della traccia sonora diventano spazialmente più larghi, si deve arrivare ad un limite, se vogliamo anche preservare la separazione delle tracce.

Dopo tutto la pellicola ha bisogno sia dell'immagine che della traccia sonora! Avendo determinato i limiti fisici, i ricercatori introdussero la corrente di controllo, la quale dovrebbe aumentare ogni volta che il segnale supera un limite fissato.

Nell'esperimento di Bell si usava un intervallo massimo di 50 dB, ma questa potrebbe essere stata una delle tante scelte possibili di qualche ingegnere. E, dopo tanto lavoro, gli ingegneri avevano anche il dovere di farsi una coscienza musicale.

Oggigiorno, l'ingegnere della sala di registrazione, probabilmente conoscere il pezzo musicale molto meglio dello stesso esecutore! Provate a parlare con tipi come Bob Anger per una mezz'ora, ne verrete fuori avviliti e — io credo — pieni di rispetto.

La codifica del segnale

Dicevamo che il segnale della traccia sonora, nient'altro che un'escursione fisica, deve essere limitato. La corrente di controllo veniva modulata da una frequenza portante, e questo « segnale di codifica » veniva registrato su una quarta traccia sonora. I vari suoni originali avevano frequenze portanti diverse.

Non preoccupatevi per adesso del termine « frequenza portante »; avremo modo di chiarirlo in seguito nei capitoli sulle radio stereofoniche. Qui basta dire che il suono « originale » viene « portato sulle spalle », durante il processo di elaborazione, da certe frequenze che sono molto più adatte a sostenere un viaggio abbastanza arduo.

All'estremità di riproduzione i filtri selezionano le frequenze necessarie, e separano l'informazione principale dalla sua por-

tante. In teoria si dovrebbe ottenere lo stesso segnale di partenza: in pratica bisogna ricorrere ad ogni tipo di sotterfugi per conservare qualche sembianza di fedeltà. Forse fu una fortuna che il cinema avesse tanti soldi da spendere allora. L'enorme spreco che ne seguì ebbe ripercussioni sull'industria della registrazione — proprio come succede oggi in cui il facile mercato della musica « pop » ha portato allo sviluppo di impianti molto sofisticati.

Il suono multicanale, da curiosità che richiamava l'attenzione della gente, si è trasformato in stereofonia, quella che oggi per noi sta alla base del buon ascolto.

Nel sistema di Bell c'erano due canali che trasportavano l'informazione principale. Altri due dovevano essere usati per quello che oggi noi chiameremmo procedimento di codifica.

Per regolare il livello si usavano toni variabili, opportunamente scelti, e, presumibilmente, il procedimento del « tono-pilota » nacque proprio da questi lavori (*).

Sfortunatamente per Bell essi non rientravano nei limiti di tolleranza dei proiettori di allora. Nel momento in cui essi venivano sperimentati il suono era decisamente scadente.

Un intervallo sonoro di 8 KHz era considerato più che adeguato. Dopo tutto, come abbiamo visto, tale intervallo può essere sufficiente per portare tutte le informazioni necessarie — se quello che ci serve è una informazione di tipo piatto.

Il sistema SSFS fece di tutto per conservare l'informazione, ma pian piano si dedicò a perfezionare sistemi per una fedeltà più alta. Le limitazioni maggiori venivano allora soprattutto dal materiale impiegato.

Il problema maggiore era il rumore, e nel nuovo sistema SSFS, presentato nell'estate del 1940, l'intervallo originale di 8 KHz veniva portato a 14 KHz senza alcun aumento apprezzabile di distorsione, e con le frequenze più alte pre-enfatizzate, per eliminare il rumore.

(*) - Il procedimento del tono pilota viene usato durante la registrazione su nastro per permettere di avere segnali di riferimento (questo avviene tra l'altro anche nella registrazione sincrona, nella regolazione dei proiettori di diapositive e in processi simili).

Un esemplio è dato del registratore a nastro Bosch Uher 1000 Pilot, il quale ha la possibilità di interporre sulla traccia di controllo, posta fra le tracce audio registrate, dei segnali ultrasonici.

Fantasia

Più o meno nello stesso periodo — fine anni trenta, inizio quaranta — la Radio Corporation of America stava lavorando su un'altra possibilità di utilizzazione sperimentale del suono. Insieme ai Walt Disney Studios si cercava una forma di stereofonia, per quello che loro definivano il *Fantasound*, il sistema per il sottofondo musicale di *Fantasia*, il sensazionale ed epico film.

Tutto ciò è ben noto: non lo è altrettanto, forse, il fatto che nel corso dei tre anni di lavorazione del film furono provati ben dieci sistemi sonori diversi, con tutte le spese che seguirono.

I due ingegneri autori del progetto furono William E. Garity e J. N. A. Hawkins. È interessante notare alcuni loro commenti riportati nell'agosto 1941 nel Journal of the SMPTE.

Fate attenzione alla data: il sistema cominciava, allora, ad avere una qualche possibilità di applicazione e gli autori ne parlavano come di cosa già definita. Essi dicevano:

« ... Dobbiamo fare ancora molta strada, e non fermarci al presente, se vogliamo allontanare la gente dalle partite di soft ball, dalle piste del bowling e da tutti quei continui progressi nel settore radio che dopo poco tempo sono già superati... i perfezionamenti percettibili soltanto dai confronti tipo A-B non servono a niente ».

Oggi vale più o meno lo stesso discorso. Conosco più di un costruttore che è rimasto scottato per aver messo in commercio amplificatori con pochi vantaggi — dal punto di vista tecnico — su altri componenti rivali meno costosi. Garity e Hawkins fecero il seguente elenco dei difetti che si riscontravano allora nella riproduzione suono immagine:

1) intervallo di volume limitato;
2) sorgente sonora puntiforme;
3) localizzazione del suono fissa al centro dello schermo;
4) sorgente sonora fissa.

Quindi essi progettarono un sistema di registrazione orchestrale mediante sei microfoni vicini tra loro ed uno lontano (in prossimità della poltrona dell'ascoltatore), più un miscelatore a otto canali. Il canale rimanente veniva usato per miscelare i primi sei.

Più il sistema si faceva complicato, più risultava evidente la necessità di controlli di tipo meccanico (o elettrico, o ottico). Così nasceva *Togad!* Questa strana parola era la sigla di « Tone-Operated, Gain-Adjusting Device »! Simile, se volete, al metodo di Bell, con qualche lieve modifica. L'analogia consisteva nell'uso della quarta traccia della pellicola come tono segnale per indicare le variazioni dinamiche.

Ricordiamoci che *Fantasia* non fu solo un film. Era una rappresentazione viaggiante, che doveva essere trasportata, per i vari cinema, o almeno tra quelli che erano così intraprendenti da voler presentare il film. C'erano undici contenitori (racks da 160 cm. ognuno) di amplificatori, oltre agli imballaggi delle sezioni di potenza e gli accessori. C'erano 45 casse del peso medio di 150 kilogrammi ciascuna, e tutta l'attrezzatura riempiva per metà un carro merci.

La mia opinione personale è che lo stimolo che questo progetto dette all'industria del suono, nonostante le vicissitudini della guerra, fu di grandissimo aiuto per l'ascolto di qualità e per la stereofonia in particolare, portandola avanti di almeno dieci anni. Dopo *Fantasia* i frequentatori abituali del cinema non si accontentavano più del « suono ordinario ».

TOGAD

Un equivalente di questo sistema fu « TOGAD », un dispositivo per il controllo di guadagno comandato dai toni. Usando per segnale la quarta traccia della pellicola, la RCA, così come avevano cercato Bell, tentò una soluzione piuttosto complicata, che impediva però al povero tecnico del « missaggio » di maneggiare i cinque controlli presenti con l'unico paio di mani che la Provvidenza gli aveva dato.

Sarebbe stato più economico istruire appositamente una piovra, ma in questo caso non si sarebbe ottenuto il motivo di *Fantasia.*

TOGAD deviava il suono da un altoparlante all'altro seguendo gli attori sullo schermo - in quel caso per « attori » bisogna intendere personaggi animati (molto facili da manovrare) o anche esseri umani. Un esempio degno di nota fu Mickey Mouse, nel pezzo *The Sorcerer's Apprentice* (L'apprendista Stregone).

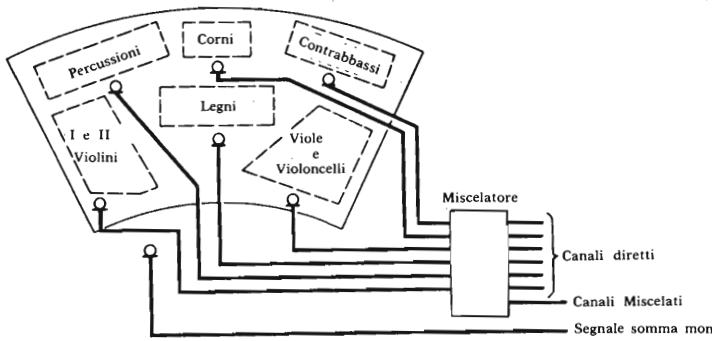


Fig. 3.2 Fantasia rappresentò una rottura rispetto ai vecchi schemi, facendo vedere a molti come fosse possibile utilizzare della buona musica anche nel cinema. Le tecniche stereofoniche si svilupparono grazie anche al lavoro portato avanti dagli ingegneri della RCA per il loro sistema Fantasound.

Durante la registrazione veniva doppiata una traccia extra sui normali dischi da grammofono. Questo per riprodurre le battute d'entrata, i rumori di scena, e altri trucchi di regìa che permettevano di accoppiare esattamente l'immagine alla musica.

Le alternative

Nel frattempo, come dicono nei films, si cercava di produrre queste cose in serie. La Academy of Motion Picture Arts and Sciences si interessava al problema cercando di aumentare il volume e di ottenere effetti sonori, e con un certo successo.

Si proponevano varie soluzioni. Tra queste il *Vitasound* della Warner Bros., che sfruttava una traccia di controllo stampata fra la spaziatura dei fori della pellicola sulla quale c'era il segnale per il guadagno variabile, con amplificatori ed altoparlanti sparsi qua e là nell'auditorio.

Tuttavia gli effetti sonori di alcuni films come *Lost Horizon* non erano veramente stereofonici. Il termine più adatto potrebbe essere « suono diffuso », ottenibile mediante opportuna orientazione di più segnali monofonici.

I principi della stereofonia erano allora solo roba per gli scienziati e i ricercatori. Per la vera stereofonia si doveva attendere il

nastro magnetico e, successivamente, l'applicazione di bande magnetiche ai film. Non che la registrazione magnetica fosse ancora sconosciuta: già nel 1939 la Brush Development Company aveva introdotto un registratore con nastro all'acciaio il quale usava bias in corrente alternata.

Le tracce ottiche hanno limitazioni che è difficile rimuovere. Di conseguenza si ricorre alle soluzioni di compressione ed espansione sonora.

Il segnale viene « trattato » in modo da contenere lo spettro di frequenze reso disponibile dal sistema.

Tutto ciò non avrebbe importanza neanche nel migliore dei mondi, tuttavia è notorio che quando il commercio arriva a controllare l'ingegneria, quello che ci si deve aspettare non è altro che un compromesso, e gli anni a cavallo fra gli anni '30 e '40 videro ben pochi imprenditori disposti a investire altri soldi per il loro impianto di riproduzione sonora.

Quindi il mondo era fermo alla semi-stereofonia, fino a quando la registrazione con nastro magnetico non trovò il modo di affermarsi costringendo l'industria cinematografica ad accettare la propria sfida.

La soluzione adottata, lo « striping », consisteva nell'applicare una traccia di ossido magnetico al film, dopo che questo era stato sviluppato.

Immaginate la scena dei magnati del cinema che si inginocchiano davanti al gran dio « Spesa ». Ciò nonostante un certo numero di produttori *d'avanguardia* si convinsero che valeva la pena tentare, dando l'avvio così al nastro magnetico. Questo non era altro che la pellicola di base sulla quale veniva depositato un sottile strato di ossido magnetico lungo una striscia; queste strisce venivano poi sfruttate per la riproduzione stereofonica la quale, nonostante le limitazioni spaziali, aveva una separazione abbastanza buona.

Certo, rispetto agli odierni nastri da 1/4 di pollice la striscia può sembrare *troppo piccola*, come afferma qualche denigratore.

Per la verità c'è una diminuzione della gamma dinamica. Le tracce sono sottili e molto vicine. Ci deve essere, quindi, del « travaso ».

Gli odierni amici della quadrifonia potranno argomentare che tutto questo può servire a qualcosa, ed è tutto di guadagnato. Più riusciamo a « miscelare », meglio è!

Verso molte tracce

Non c'è alcun problema di compatibilità. La sezione magnetica viene sistemata in cima al proiettore; diventa una aggiunta vera e propria. Tuttavia ci sono problemi di durata. Anche se le pellicole vengono prodotte con cura, esse sono sottoposte a molti maneggiamenti, e le strisce magnetiche sono particolarmente delicate.

Nei primi tempi, le tracce stereofoniche sulla pellicola erano soltanto una moda. *Cinerama* aveva addirittura cinque tracce (diventate poi sette) su un filmato 35 mm a parte. Tutto ciò è estremamente costoso — oltre che tecnicamente complicato — così pure lo è il sistema a 3 canali, apparentemente meno ambizioso, che usava anch'esso una pellicola separata. Quest'ultima tecnica fu quella usata nei cosiddetti film 3-D.

Gli spettatori e gli ascoltatori qualificati concordano nell'affermare che i risultati sono effettivamente pseudo stereofonici. L'accusa maggiore va rivolta ai tecnici di studio, i quali rinunciano alla realtà pur di ottenere gli « effetti », e ottengono la separazione stereo rivoltando semplicemente il suono come una frittata.

La tecnica non è affatto nuova. Essa ricorda in qualche modo la pseudo-stereofonia delle registrazioni elaborate elettronicamente, in cui una registrazione originalmente monofonica viene separata

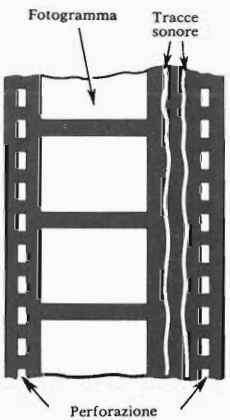


Fig. 3.3 Il suono stereofonico su film così come veniva descritto al pubblico nel 1937. Nello spazio compreso tra il fotogramma e i buchi laterali ogni copia conteneva due tracce, le quali potevano variare la loro area e la forma sia con l'intensità che con la velocità delle variazioni sonore. Le limitazioni interessavano essenzialmente la gamma dinamica e la fedeltà di riproduzione, problemi questi connessi al metodo con cui si registrava la traccia sul film. Lo scorrimento e la lettura della pellicola non davano grossi problemi.

e ritoccata in modo da far uscire da ciascun canale suoni leggermente differenti. Che poi questi suoni abbiano un qualche legame effettivo con quelli originali dipende, molto spesso, dall'esperienza dell'ingegnere che cura la registrazione.

La vera stereofonia su film conobbe la sua genesi con il film *The Robe* (« La toga »). Qualsiasi cosa possiate pensare di questo travestimento di una storia biblica, bisogna dire che il suono che accompagnava il film fu il primo suono veramente stereofonico che l'industria del cinema abbia prodotto.

Sulla pellicola erano poste quattro strisce magnetiche. Tre di queste servivano per l'effetto stereofonico, la quarta per gli effetti sonori dell'auditorio.

La cosa su cui voglio insistere è che era la *registrazione* ad essere stereofonica, e lo scopo era quello di produrre un effetto stereofonico, anche se poi, nella maggior parte dei casi, tutto ciò veniva perso a causa dei singoli sistemi di riproduzione, spesso inadeguati, usati — ancora oggi — nei vari cinematografi il cui unico scopo sembra essere quello di martellare i timpani piuttosto che riprodurre il suono vero.

La compatibilità

Questo termine poco simpatico continua a saltar fuori ogni volta che si discute di questioni stereofoniche.

Esso ha maltrattato le trasmissioni radio FM, ha fatto preoccupare i primi costruttori di dischi, e ora ne sta combinando di belle agli ingegneri che registrano la quadrifonia.

Compatibilità significa semplicemente che coloro che prima facevano uso di un qualsiasi sistema non devono essere danneggiati dai nuovi miglioramenti in quel settore.

Niente altro che questo. E con la scusa della compatibilità l'industria radio ha dimenticato i buoni propositi sulle trasmissioni di buona qualità, e l'industria dei televisori ha accettato molti compromessi sul colore.

In seguito tratteremo la compatibilità un po' più a fondo. Per adesso dobbiamo dire che se alcuni sistemi descritti precedentemente non erano compatibili, non altrettanto si può dire di *Perspecta*, una innovazione del 1954. Si tratta ancora di un sistema ad un sol canale, ovvero di un anatema, come direbbe il purista. Ma in quell'unico canale c'erano tre frequenze di con-

trollo di valore inferiore al livello udibile.

Queste davano ai circuiti di riproduzione le « istruzioni » elettriche che permettevano di spostarli lungo lo schermo a seconda della posizione del suono originale. Le frequenze di controllo per il sistema *Perspecta* erano di 30, 35 e 40 Hz. Questi segnali arrivavano a 20 dB sotto il livello del segnale audio, in modo che non fosse possibile ascoltarli se riprodotti da un sistema di tipo convenzionale.

Il sistema di riascolto *Perspecta* eliminava e rettificava queste frequenze di controllo, le quali venivano usate per il controllo degli amplificatori a guadagno variabile dei tre canali separati.

Ma, nonostante ciò, non si tratta di vera stereofonia; bensì di effetto stereofonico elaborato da un segnale mono, una cosa molto diversa, come si rileva subito da un ascolto imparziale e attento.

Ciononostante, vi sono alcuni aspetti di questo sistema del 1954 che faremmo meglio a considerare. Primo, perché esso dipende dall'intensità e non dalla fase, come si può constatare in un grande teatro, e secondo, esso distingue dal rumore col semplice fatto che i canali non utilizzati sono ridotti a zero, riducendo così il rumore « lungo il bordo ».

La moda del multicanale

I sistemi multicanale rappresentano sostanzialmente una moda per l'industria del film, alla quale la stereofonia, evidentemente, non interessa molto. L'effetto del « suono aperto » è indubbiamente impressionante e molto ricercato.

Una delle ragioni per le quali fu scelta la striscia magnetica e non la registrazione ottica è che molte più tracce trovavano posto su una certa pellicola. Il fatto che la registrazione magnetica sia intrinsecamente più silenziosa e abbia, a parità di velocità della pellicola, una maggior definizione sulle alte frequenze, non ha molta importanza per i grossi produttori di film, le cui pupille vedono solo simboli di dollari, come in un famoso cartone animato.

Una delle ragioni per cui il suono cinematografico non ha accolto a braccia aperte il sistema del vero suono stereofonico potrebbe risiedere, tanto per fare una battuta, nel montaggio. Il tecnico del montaggio va alla ricerca di posti e spazi dove poter

tagliare e montare con il minimo disturbo alla continuità dell'azione.

Loren L. Ryder afferma, a proposito degli addetti al montaggio dei film: « Guardando al futuro del suono nel 1956, può venire in mente di usare tale periodo come un sistema per ottenere un progresso nella storia... L'uso del suono stereofonico tende a mettere in evidenza i tagli - ovvero tende a enfatizzare proprio ciò che i direttori stanno cercando di eliminare... ».

Egli lavorava alla Paramount, dove i tentativi di far progredire il suono stereofonico furono ben pochi. Ancora più drastiche furono le prese di posizione di produttori come Sam Goldwin il quale era ancora più trincerato dietro lo « sfruttamento e perfezionamento delle tecniche già esistenti », non curandosi quindi di esplorare nuove frontiere.

Fred R. Wilson che lavorava sotto di lui ebbe ad affermare nel 1956: « Dal momento che le registrazioni stereofoniche stanno perdendo i favori degli imprenditori e sorvolando su altri metodi moderni messi a disposizione dalla recente tecnologia, mi sembra che, per migliorare le qualità del suono, l'unica posibilità consista nell'usare mezzi per la produzione sonora un po' più economici... ».

E meno male, dico io, che il tempo gli ha dato torto, e che il progresso ha costretto l'industria del cinema a investire capitali, dopo parecchi anni, nella direzione originaria, utilizzando alcuni milioni, tra quelli sprecati, per l'equipaggiamento e lo sviluppo di tecniche che hanno aiutato a migliorare il mondo della stereofonia.

Il sistema Haas

Tuttavia i primi lavori non riuscirono nel tentativo di rendere il suono più economico. Ci fu un esperimento degno di nota, in questo senso, di Bruce P. Bogert, riportato completamente sul numero del luglio 1955 nella rivista SMPTE.

Veniva usato un sistema stereofonico a due canali, con i segnali destro e sinistro ritardati (da 10 fino a 35 mS) e trasmessi a un canale centrale. Secondo questa teoria ciò contribuiva a dare un suono più grande conservando l'effetto stereofonico. Il sistema è basato sull'effetto Haas, introdotto per la prima volta da Karl Haas nel 1951.

Mentre Haas aveva fatto ricerche sulla comprensibilità della

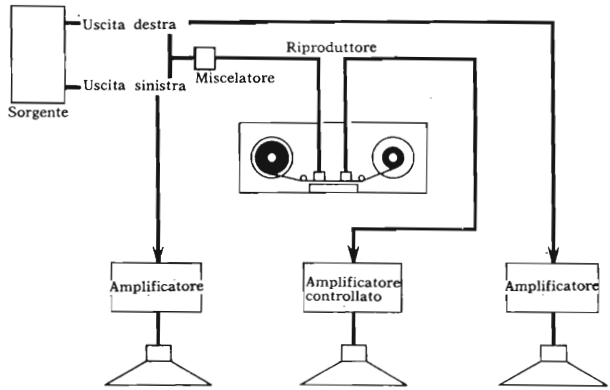


Fig. 3.4 I sistemi stereofonici « derivati » sono stati molti; tra questi ricordiamo il metodo Bogert, il quale aveva come scopo principale, stranamente, quello di rafforzare il suono del canale centrale; in questo modo gli espositori riuscivano ad aumentare gli incassi, anche se quella che offrivano era una stereofonia « all'acqua di rose ».

parola, gli esperimenti di Bogert tendevano a completare stereofonicamente i grossi impianti teatrali già esistenti che utilizzassero altoparlanti centrali.

Questa tecnica faceva uso di tracce ottiche e di un paio di fotocellule per l'informazione stereofonica principale, con una terza fotocellula posta un po' più dietro rispetto alle prime due per ottenere il canale centrale congiunto e ritardato.

La ripresa filmata elettronica

I princìpi della traccia sonora ottica e delle strisce magnetiche cominciano a rafforzarsi. Ci sono state alcune varianti, come la traccia sonora incisa con un incisore di diamante a forma di cuneo che intaglia i solchi sulla pellicola nera che viene poi riletta otticamente.

Questo esclude già lo sviluppo del film, riducendo le spese. Esempi tipici di questa tecnica sono i film della serie *I love Lucy* dei Glen Glenn Studios di Hollywood.

Ci volle però l'avvento del videotape per dimostrare a tutti che il nastro magnetico era ben giustificato: la necessità di una striscia magnetica andava man mano diminuendo dato che tutta la pellicola è registrata su nastro magnetico, e non era necessario effettuare elaborazioni intermedie.

La registrazione tramite videotape, così come veniva effettuata allora, era abbastanza « brutale ». Gli spettatori televisivi impararono a brontolare quando veniva loro presentata una registrazione da videotape, cosa che non avveniva con le pellicole ottiche: non solo, il suono che accompagnava il nastro era, di solito, scadente almeno quanto il filmato.

In breve, il processo consiste nell'inquadrare una scena con normali lenti ottiche e nel proiettare questa immagine su una superficie che funga da bersaglio — questa superficie è la facciata di un tubo elettronico, e viene analizzata da un fascio mobile di elettroni. L'immagine viene rivelata poi con un gran numero di unità (o bits) di informazione pulsata, proporzionali al valore luminoso di quella sezione del bersaglio che il fascio va colpendo.

Al tutto viene aggiunto un sincronismo, in modo che quando il nastro che contiene le informazioni viene riprodotto, i «bits » cadono al posto giusto dando luogo così all'immagine ricostruita sul tubo a raggi catodici.

Questo per quanto riguarda le applicazioni alla televisione; per la pellicola cinematografica interviene un altro processo, che introduce un'altra serie di possibili guai.

La combinazione della scansione elettronica e del « replay » ottico ha una origine molto interessante, non collegata proprio con noi.

Il punto importante per la stereofonia è che la registrazione originale, essendo fatta su nastro magnetico largo quasi un pollice e a velocità di rotazione abbastanza alta, può essere di qualità molto alta, occupando se necessario un certo numero di tracce, il tutto con poca spesa aggiuntiva.

Il sottoscritto, pur confessando di essere più orientato ai problemi audio che non a quelli cinematografici, prevede il giorno in cui la registrazione magnetica prenderà il sopravvento, mentre la trasduzione dalla luce al film e viceversa, abbastanza grezza in verità, sarà diventata un anacronismo. Gli insulti, per favore, indirizzateli all'editore . . .

I filmati per la TV

Storicamente bisogna riandare alla produzione del 1950 de *La Boutique*, della High Definition Films. La cinepresa era una Mitchell di quelle ad alta velocità di ripresa. La scansione mecca-

nica del sistema veniva fatta da un disco, pilotato da un motore simcrono. Non c'era nessuna scansione a linea chiusa, e le specifiche dicevano: « 600 linee circa ».

La telecamera elettronica di quegli anni (inizio degli anni '50) fu la *Pesticon*. Si tratta di una macchina con iconoscopio ad immagine, molto massiccio e poco maneggevole e che richiede una grossa quantità di luce per poter essere utilizzato.

Tuttavia esso fu un primo lodevole tentativo di trasferire immagini in un dispositivo per l'immagazzinamento, oltre che sulla pellicola ottica.

I filmati televisivi fornirono il grosso stimolo ai produttori di films, tanto che a metà degli anni sessanta nacquero molte compagnie dedite a questo tipo di produzione. Molte si persero per la strada. Altre si dettero da fare per perfezionare la loro competenza, come la Vidtronics di Hollywood, che effettuò trasferimento su film a partire dal videotape. Si usavano le macchine a colori PC-60 della Philips, e i videotape erano quelli standard NTSC, da 525 linee.

Nel 1970 ci fu un'altra fase di spinta in avanti, con la Lion Television che girava il famosissimo *200 Motels*, mentre la Intertel filmò una esecuzione dal vivo di Emerson, Lake e Palmer che suonavano *Pictures at an exibition*. Nel frattempo, la Intertel fece il filmato *Plod*, un filmato sul gruppo pop degli Scaffold. Le cineprese venivano usate come per i normali programmi televisivi a 625 linee, ma il videotape che si otteneva veniva poi opportunamente inciso sul film, con un procedimento abbastanza seccante.

Il futuro

La tecnica di ripresa elettronica va prendendo piede. Altri punti di riferimento sono stati una versione per lo schermo di una commedia di Strindberg, prodotta dalla Royal Shakespeare Company, *Miss Julie*, e alcuni tests speciali effettuati da Peter Wayere della Television International Operations, il quale, insieme con Clive Donner, è riuscito a unire le tecniche per la trasformazione della ripresa elettronica in un processo denso di sviluppi.

Essi proiettarono il loro filmato in tre modi: col sistema PAL a 625 linee, con un rapporto di riduzione di 1.85:1 per permettere l'elaborazione via Vidtronics; con il sistema NTSC a 625 linee e 24 fotogrammi al secondo, con lo stesso rapporto di ingrandi-

mento per l'immagine trasformata; e infine con un nuovo dispositivo a 525 linee al secondo con lettura elettronica, costruito dalla 3-M.

Può sembrare ridicolo al profano che ci sia necessità di effettuare tali trasformazioni, e indubbiamente, nel prossimo futuro il sistema ottico lascerà il passo al procedimento elettronico.

Tuttavia, il futuro della stereofonia nell'industria cinematografica sembra ormai assicurato, qualunque sia il mezzo per riprodurlo.

Oggi le cose sono molto più facili rispetto al passato, e il nastro magnetico di partenza (il « master ») può contenere un gran numero di tracce. Il problema del montaggio non sembra insormontabile e verrà il giorno in cui il vero suono avvolgente, così come la ripresa diretta del film master, saranno processi puramente elettromagnetici.

4. Stereofonia su disco

I dischi sono stati, per molti anni, il principale mezzo di riproduzione hi-fi. Nei primi tempi accettavamo i fischi, le incrinature, i graffi e le distorsioni e ascoltavamo la musica, anche perché non conoscevamo nulla di meglio.

Oggi, che la qualità di dischi va sempre migliorando, siamo portati a prendere per buona la musica e ascoltiamo il rumore da essa prodotto.

È il caso di quelli che si divertono a girare di scatto la manopola del controllo di tono, di guadagno o di equalizzazione ambientale e si meravigliano poi di trovare dei solchi sul tappeto sul quale è situato il loro impianto hi-fi.

Su tutte le riviste hi-fi leggiamo le lamentele di persone irritate dal fatto che la qualità dei dischi non è quella che uno si aspetta di avere, a detta dei vari recensori musicali; spesso sono incurvati o rovinati, tuttavia, non ci possiamo non meravigliare degli ultimi successi dell'industria discografica, la quale ha raggiunto dei buoni standards di produzione, pur mantenendo i prezzi entro limiti ragionevoli.

Popolarità del disco

Il disco ebbe inizio come sorgente di suoni ripresi da un nastro master. Per strano che possa sembrare — *perché*, vi domanderete, *non restare legati al nastro?* — la registrazione dei dischi è ormai una cosa molto avviata e ci vorrebbe la scoperta rivoluzionaria di qualche nuovo tipo di nastro per soppiantare il disco LP oltre naturalmente al disco quadrifonico, a giudicare

dalle recenti battaglie commerciali che quest'ultimo ha causato.

In queste faccende il fattore più importante è il costo; l'efficienza ingegneristica e la fattibilità tecnica vengono di conseguenza. Questo è vero per tutto il settore dell'hi-fi, dall'altoparlante al microfono. E in ultima analisi, se proprio vogliamo dare un giudizio spassionato, è grazie al compromesso dei costi effettivi che possiamo goderci l'ascolto dei nostri suoni preferiti, nelle circostanze e sotto le condizioni da noi volute.

Se ci sforzassimo di ottenere la perfezione, i dischi e i nastri pre-registrati, così come le cassette e le altre cartucce, sarebbero tutti al di là delle nostre possibilità.

Così, invece, il disco è disponibile ad un pubblico molto vasto ed ha quindi un prezzo abbastanza acessibile. Spesso è registrato in modo superbo, risultato dell'esperienza e degli accorgimenti di lunghe ricerche di laboratorio.

Ho già detto precedentemente che l'ingegnere di registrazione deve essere, per necessità di cose, anche un esperto di musica. E non è un caso che molti di loro lo sono. Molti « professionisti » della registrazione sono anche intenditori molto esperti, con in più la fortuna di poter fare un lavoro molto legato al loro hobby.

I primi passi

In origine ogni registrazione costituiva un unico processo a se stante, dato che l'artista ripeteva ogni volta la sua esecuzione di fronte ad una « tromba », proprio come un grammofono d'altri tempi; veniva così prodotto un cilindro.

In seguito, alcuni anni prima della fine del secolo, si sviluppò la tecnica di riproduzione pantografica. Questo metodo permetteva di copiare, proprio come un pantografo, il segnale dal cilindro originale su un altro cilindro di cera, un supporto di cera uniforme che girava su un mandrino adiacente. Questo può essere considerato il punto di partenza, anche se siamo ancora lontani dalla produzione di dischi in serie.

Lo stampaggio di un cilindro a partire da un altro, secondo la stessa tecnica con cui vengono fatti i modelli in gesso, fu introdotta verso il 1900. Ben presto fu usata una tecnica elettronica, così i cilindri potevano venir stampati da una matrice usata come negativa.

Ma presto divennero ovvie le limitazioni meccaniche imposte

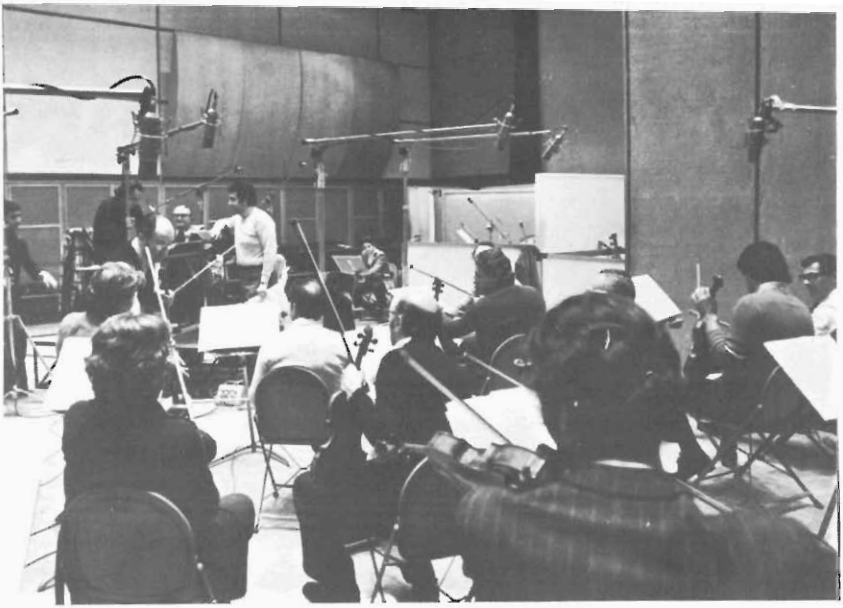


Fig. 4.1 Le prime fasi di registrazione del disco: essenziale è il posizionamento dei microfoni (foto per gentile concessione della RCA Italiana).

dal cilindro, e fu introdotto il disco nella forma che oggi tutti conosciamo.

I primi dischi vennero stampati in Inghilterra, nel 1908. Erano prodotti dalla HMV (che fa parte ora del colosso EMI). Più o meno nello stesso periodo la fabbrica londinese Edison Bell di City Road cominciò ad occuparsi della stampa dei dischi.

Come abbiamo già notato nel Capitolo I, l'evoluzione storica della registrazione su disco è veramente interessante. Joseph Berliner, fratello del famoso Emilio che inventò il procedimento, produceva dischi da 7 pollici presso una fabbrica di Hannover, di proprietà della Gramophone Company fin dal 1896.

Tuttavia queste erano considerate più che altro novità, anche se era possibile trovare alcuni esemplari con incise filastrocche per bambini.

I fautori del nastro diranno che questa era l'unica cosa che si poteva fare con un disco ... ma il disco ha sempre un vantaggio sul nastro, sia esso in cassette che a bobina. E cioè la facilità di selezione dei singoli passaggi.

Per la verità, una selezione più o meno simile può essere ottenuta usando per il nastro dei contatori, tarati in unità qual-

siasi (da contrapporre ai « contatori digitali », alquanto imprecisi, pilotati dalla alimentazione o dalla bobina di riavvolgimento).

Se confrontiamo i costi questo è un forte argomento a favore del disco, soprattutto perché l'uso di indicatori digitali, o qualsiasi altra forma di contatore, ha bisogno di essere programmato seguendo una certa logica, mentre sul disco i vari pezzi possono essere selezionati con relativa facilità, conoscendo i brani incisi.

L'argomento è simile a quello per le pagine numerate del libro contrapposte ai piccoli filmini che contengono la stessa cosa, i quali possono essere conservati con minore spreco di soldi, ma sono un po' scomodi quando bisogna ricercarvi qualcosa.

La lavorazione del disco

Lo sviluppo del disco è strettamente connesso all'avvento della stereofonia. Questo non vuol dire che qualcuno s'è svegliato di notte e ha risolto tutto con una brillante idea: quando La Prade parlava di questo argomento nel libro *Broadcasting Music*, edito dalla Rheinhart & Co. Inc., New York, si era in piena guerra, e i suoi scritti del 1944, ripubblicati nel 1947, rivestono una certa importanza: « . . . la registrazione stereofonica su disco è nata in laboratorio, ma non sembra essere destinata a grossi progressi fino a che non ci sarà un minimo di richiesta da parte del pubblico.

La registrazione stereofonica, così come la trasmissione stereofonica via audio si muove in un circolo chiuso, nel senso che essa non può essere giustificata economicamente finché il pubblico non l'accetta, e non ci si può aspettare che il pubblico l'accetti se prima non ha la possibilità di provarla ».

Quando si dice l'ironia della sorte: lo stesso tipo di situazione in cui sono coinvolti gli operatori economici della quadrifonia nel momento in cui scrivo queste cose. Alla fine tutto si risolve con l'economia di massa: questo spiega tra l'altro l'introduzione della cassetta Philips — oggi affermatissima — nonché la forma attuale delle cartucce stereo-8.

Il disco ha una storia molto più onorata. La sua fase di assestamento, dopo un periodo di prova, avvenne dopo la metà degli anni '50.

Ricordiamoci, per esempio, del sistema steroefonico di Cook, che usava tracce parallele (vedi Cap. I), introdotto inseme a un

sistema alternativo che sfruttava un disco inciso sulle due facciate, non considerato gran che allora.

Emery Cook ebbe delle idee veramente ingegnose, ma il suo disco a due facciate non era molto pratico, soprattutto per il costo di lavorazione.

Ma a parte questo, il sistema comportava l'introduzione di nuovi giradischi e questo — come potete immaginare — lo stroncò sul nascere.

Il compromesso

Si giunse così alla necessità di un compromesso; di un sistema stereofonico, cioè, che fosse in grado di utilizzare i dischi già esistenti. In altre parole, bisognava sistemare in un unico solco i due canali di informazione. E fu Blumlein, assieme alla EMI, che trovò un'elegante soluzione: modulare ciascuna parete di ogni solco con il segnale di un canale.

In quella circostanza, il sistema del 1957 usava due puntine molto sottili, ognuna delle quali leggeva la parete di un solco un po' più lungo del solito; il disco girava a 16 pollici al secondo in modo da contenere abbastanza materiale. L'idea era fondamentale e la sua realizzazione buona, ma non ebbe molto seguito. Essa fu preceduta come idea di base dal sistema VL, o verticale-laterale, introdotto e usato da molte case, tra cui la Bing Crosby Enterprises, che pubblicò le sue scoperte nel 1954.

L'incisione verticale, o incisione hill-and-dale (lett. collina e valletta) era usata fin dai tempi di Edison, e riscosse grossi consensi sul finire degli anni trenta, così che le successive modifiche introdotte per la stereofonia non destarono grosse sorprese.

Tuttavia la puntina poggia sul solco, e la sua massa implica una certa forza d'appoggio; e tutto ciò comporta a sua volta dei grossi problemi. Il sistema 45/45 elimina alcuni di questi problemi ed ha il vantaggio di una compatibilità uguale e di un costo più contenuto.

La storia della stereofonia

Nel Capitolo I abbiamo esaminato alcune fasi della storia del disco, e abbiamo parlato delle importantissime ricerche di Alan

Blumlein. Non bisogna credere che la EMI avesse ogni cosa dalla sua parte. Quando la stereofonia cominciò ad essere un prodotto facilmente commerciabile ci furono tentativi di migliorarla da tutte le parti, dagli studi di progettazione ai giovani appassionati di queste cose; il risultato fu un gran numero di piccole invenzioni ed oggetti più o meno utili.

Alcune di queste invenzioni non erano affatto stupide, ed avevano dei chiari vantaggi rispetto al sistema utilizzato alla fine — ma per un solo motivo: costavano di più.

Erano più cari da costruire e, cosa peggiore di tutte, sarebbero venuti a costare ancora di più all'utente. Prendete ad esempio il disco stereo di Jerry Minter, del 1957. Questo aveva una portante a 25 KHz sovrapposta alla normale incisione laterale. Veniva usata una tecnica del tipo « somma e differenza », con la componente « differenza » modulata sul solco. In questo modo il solco laterale era costituito dalla normale registrazione « somma », o mono, mentre le componenti verticali delle forze di modulazione contenevano la differenza dei segnali, ovvero l'informazione stereofonica. La richiesta di un decodificatore speciale lo rendeva — neanche a dirlo — poco adatto per l'uso comune.

In quello stesso anno — il 1957, anno importante per la ste-

Fig. 4.2 Registrazione di un disco: il controllo del nastro master (gentile concessione della RCA Italiana)

reofonia su disco — la RCA mise alle corde quelli della Westrex, imponendo loro di progettare uno stilo incisore 45°/45° o « qualche altra diavoleria ».

L'avvento di tale stilo, nell'autunno di quell'anno, non destò forse molto scalpore, anche perché nel frattempo era diventata « operativa » la sfida europea fra Telefunken e Decca (Teldec) e la Ortofon di Copenhagen. Nonostante ciò lo stilo stereo definitivo è quello Westrex 45/45, ed è a questo che faremo in seguito riferimento.

In fig. 4.3 (a) è riportata una vista di fronte, in sezione. L'incisore 3C è costituito da un solo stilo e da due motori, ciascuno controllato da un ingresso separato. Nella versione della Westrex i motori sono montati a 45° fra loro, mentre altre versioni usavano il montaggio verticale-laterale, con il segnale elaborato opportunamente in modo da fornire la necessaria modulazione 45/45.

Nella fig. 4.3(b) viene presentata la vista laterale dell'insieme, dalla quale si può notare il collegamento e l'assemblaggio del « bulino » di zaffiro, il quale incide la superficie speculare del disco-lacca di cellulosa.

I « masters »

I dischi master sono in alluminio. Il segnale trasmesso al tornio d'incisione proviene, naturalmente, da un nastro master. Con una attrezzatura di altissima qualità è possibile produrre un nastro dalle caratteristiche tecniche eccezionali, con una grande gamma dinamica e bassa distorsione. Tuttavia sarebbe estremamente costoso copiare questo master con i normali metodi di riproduzione del nastro e, fino ad ora, non c'è un metodo più semplice che permette di produrre in serie le copie di nastri che abbiano la stessa perfezione qualitativa cui ci ha abituato il disco.

Il disco master ruota su un piatto dalle caratteristiche meccaniche molto sofisticate e con un certo numero di accessori speciali, come l'aspiratore dei trucioli prodotti dall'incisione, il « feedback » di recupero del motore che aziona lo stilo incisore e il riscaldamento elettrico del porta-stilo.

Il disco stesso viene tenuto fermo con sistemi di aspirazione; il metodo più usato è quello che fa uso di torni a vuoto.

Uno dei fattori importanti, che si ripercuotono sulla riproduzione dei dischi stereofonici, è che lo stilo incisore taglia il

disco secondo direzioni tra loro perpendicolari. Partendo dal bordo e andando verso il centro esso descrive una traiettoria rettilinea. Viene utilizzata per questo una vite di piombo, ed il tempo d'incisione varia a seconda del materiale da riprodurre.

Questo si ripercuote sulla spaziatura fra i solchi, ad una certa velocità di incisione, e non bisogna dimenticare l'ampiezza del segnale, che stabilisce tutto sommato quale dev'essere la larghezza e la profondità del solco.

Per evitare possibili deformazioni delle pareti del solco la distanza fra i solchi non deve scendere sotto un minimo. La fig. 4.9 mostra alcuni di questi particolari; la forma e le variazioni

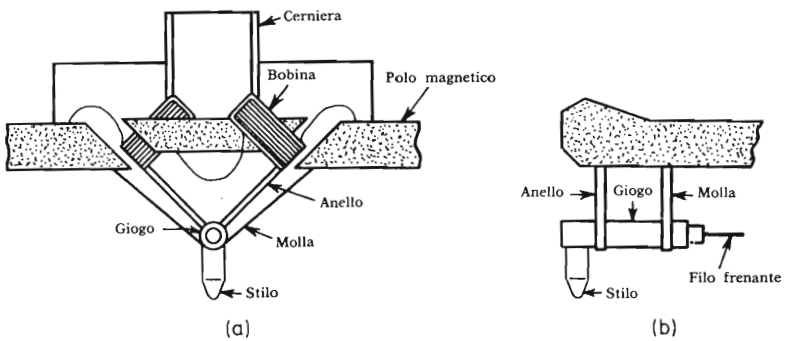


Fig. 4.3 (a) L'incisore stereo Westrex originale con i motori separati che pilotano i « canali » laterale e verticale, e (b) vista laterale della sospensione dello stilo. Lo stilo stesso ha una forma a cuneo, per facilitare l'incisione del solco e per aiutare nel suo lavoro la pompa che aspira i trucioli avanzati: si arriva così alle caratteristiche forme « sferiche » o quasi del percorso sonoro.

del solco ingrandito di fig. 4.4 può dare un'idea di alcuni fra i danni possibili. Infatti le ondulazioni del solco per i passaggi che richiedono alta modulazione possono portare alla riduzione della larghezza delle spaziature.

Nella pratica si rende necessario comprimere il segnale, il che porta alla diminuzione della gamma dinamica. Alcuni sensori montati sul tornio di incisione rivelano l'ampiezza e la frequenza del segnale subito prima che questo raggiunga i motori che guidano il movimento dello stilo, in modo tale che variando la mo-

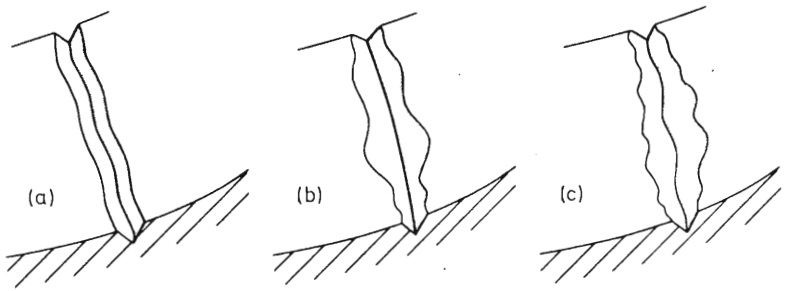


Fig. 4.4 La registrazione stereofonica è una combinazione di incisioni laterali (a) e verticali (b), che si risolvono in un solco composto (c) il quale varia sia in larghezza che in profondità, ed ha quindi una configurazione estremamente complicata.

dulazione laterale in funzione delle zone più difficili, sia possibile adattare la spaziatura fra i solchi allo spazio disponibile. Buona parte del procedimento di incisione dei solchi è automatizzata, e i vari servo-meccanismi vanno ad aumentare il costo, già elevato, di questi complicati macchinari.

I solchi

Come già notato in precedenza, la larghezza del solco varia col segnale da incidere; le basse frequenze di grande ampiezza fanno avere allo stilo incisore le escursioni più vistose, comunque si possono stabilire dei valori medi: la larghezza della parte alta del solco va da 0.0050 a 0.0063 centimetri, mentre la profondità sta intorno ai 0.001 pollici. L'angolo compreso è di 90°, e la separazione tra un solco e l'altro, su una media di 350 solchi per pollice, può essere anche minore di 0.000254 centimetri. Quindi dallo spazio disponibile sul disco e dalle considerazioni precedenti si deduce che per leggere un LP (da 30 centimetri) la nostra puntina di riproduzione deve percorrere la bellezza di 400 metri di solchi.

Dopo l'incisione iniziale, e sotto opportune condizioni di lavorazione, si ottiene un disco in alluminio la cui superficie laccata è solcata con estrema precisione. Ovviamente questi dischi master sono molto delicati e non è possibile ottenere da essi molte copie. Quindi il passo successivo consiste nel rendere la

sua superficie elettricamente conduttrice, in modo che sia possibile ricavarne dei negativi.

Oggigiorno si preferisce passare una mano di argento fresco, ma bisogna dire che sono stati tentati altri metodi alternativi.

La superficie di lacca viene ripulita completamente con opportuni lavaggi e poi immersa in acqua purificata, quindi ci si spruzza sopra una soluzione di argento. Tutto ciò sembra facile

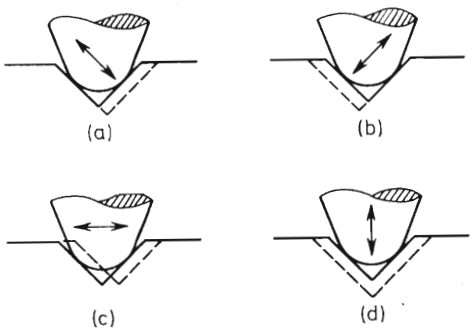


Fig. 4.5 In breve: la modulazione stereo richiede che il canale destro (a) faccia variare le pareti esterne del solco, e quello sinistro le parti interne. Quando entrambi i canali sono modulati in fase (segnale mono) si ha uno spostamento laterale, e se i canali sono completamente sfasati (d) il risultato è quello di una registrazione tipo « collina e valletta ».

a dirsi: nella realtà la fase di sviluppo comporta l'uso di speciali detergenti, la produzione di un intero strato liquido da depositare sulla superficie ed una doppia passata di spray dopo che la sottile pellicola viene rimossa, il tutto mentre il disco seguita a girare. Viene prodotta, poi, tramite riduzione chimica, una pellicola simile ad uno specchio, spessa appena 0.00001 cm.

Nonostante il piccolo spessore questa pellicola può condurre piccole quantità di corrente elettrica, facendo in modo che possa avvenire il processo di rivestimento. Il disco viene immerso in un bagno di placcaggio al nichel e ha inizio il deposito elettrico.

Il negativo

Finalmente il disco ricoperto d'argento è pronto per diventare un negativo — nel quale i solchi iniziali diventano ora spigoli sporgenti. Il metallo più usato oggi per produrre questi negativi master è il nichel, mentre il procedimento che si usava

prima sfruttava l'elettroformazione in rame. Il disco argentato viene messo in un contenitore con un bagno di placcaggio al nichel, sul cui fondo si trova una lastra di nichel. Questa funziona da anodo ed è collegata direttamente ad un alimentatore di bassa tensione. La sospensione del disco argentato si effettua con una stecca che funge da catodo e che ha il compito di fornire la corrente di ritorno, mentre il disco viene tenuto completamente immerso nel bagno che, di tanto in tanto, ha bisogno di essere agitato.

Attraverso il normale processo di elettrolisi il materiale anodico si deposita sul catodo, nel nostro caso proprio il disco argentato, attraverso la stecca suddetta. Dopo un lasso di tempo stabilito, anche questo calcolato con molta cura, si è formato lo strato di nichel richiesto ed il disco viene rimosso dal bagno. Tra le varie fasi del processo, l'ultima che si è descritta è la più delicata e uno sbaglio qui può rivelarsi fatale. Bisogna procedere con molta cautela.

Con questo negativo può prendere il via la fase di incisione che, però, va bene solo nel caso si debbano produrre poche copie, dell'ordine di una mezza dozzina.

Per la produzione in serie c'è bisogno di parecchi stampi che lavorino contemporaneamente e, nel caso che il produttore abbia tra le mani un pezzo di successo, bisogna far ricorso di nuovo ad un disco master. Vengono così prodotte più « madri ».

La « madre »

La « madre » è un positivo; essa ha cioè i solchi intagliati, prodotti dagli spigoli sporgenti del master negativo. Per l'esattezza — il master negativo ha uno strato di bicromato di potassio depositato sulla propria superficie. Essendo più ruvido del disco originale in lacca argentata esso può essere lavorato più speditamente tanto che nel corso di una giornata si possono fare un certo numero di madri a partire dal singolo master negativo.

Con queste madri si fanno gli stampi che producono alla fine i solchi; i dischi così ottenuti sono leggermente più sottili dei precedenti e sono abbastanza soggetti a curvarsi e a deformarsi.

Anche qui bisogna fare molta attenzione. La fase più importante consiste nella pulizia, nell'evitare l'occlusione di bollicine di gas così come le particelle in sospensione della soluzione. Il

retro dello stampo viene levigato e pulito meticolosamente.

Eventuali irregolarità sul retro di questi sottili stampi possono ripercuotersi sul processo di stampa; a questo proposito va ricordato che essendo lo stampo un negativo esso presenta quei delicati spigoli sporgenti, e quindi la parte inferiore dei solchi del disco può rovinarsi — come succede spesso, purtroppo — proprio per la prolungata usura o il cattivo trattamento dello stampo negativo.

Un solo stampo può produrre migliaia di dischi, ma siccome anche la più piccola abrasione può produrre salti e incrinature, alcune fabbriche trattano i loro stampi in bagni di cromo per far durare più a lungo la loro rigidità.

Ci sono ancora altre operazioni da compiere prima che il disco assuma la sua forma finale, come ad esempio l'operazione di foratura del disco nella sua parte centrale, operazione per la quale è necessario misurare molto accuratamente se si vuole evitare di avere « dondolii », e altre cose del genere.

Sui dischi da 7 pollici ci sono pure alcune dentellature antiscivolo. Per tutta la durata del processo viene effettuato un controllo ottico costante. Alcune piccole irregolarità, se rivelate in tempo, possono essere corrette direttamente sulla madre, con l'uso di incisioni microscopiche — ma ciò avviene molto raramente.

Lo stampaggio

Nell'esposizione precedente abbiamo saltato uno dei passi della catena di produzione del disco: la produzione effettiva del disco a partire dal suo materiale di base, un composto formato da copolimeri di clorato di polivinile e acetato di polivinile. Ma dopo esserci riempiti la bocca con questi paroloni torniamo un attimo indietro allo shellac! Questa resina naturale di insetto, a base di depositi minerali, pigmenti e lubrificanti, veniva usata per i vecchi dischi a 78 giri.

Uno dei suoi svantaggi era la fragilità, unitamente alla necessità di affilare le puntine, il che introduceva molto rumore dovuto al cattivo contatto superficiale.

Il long-playing, inventato dal Dr. Peter Goldmark della Columbia offriva un tempo d'ascolto più lungo e una certa diminu-

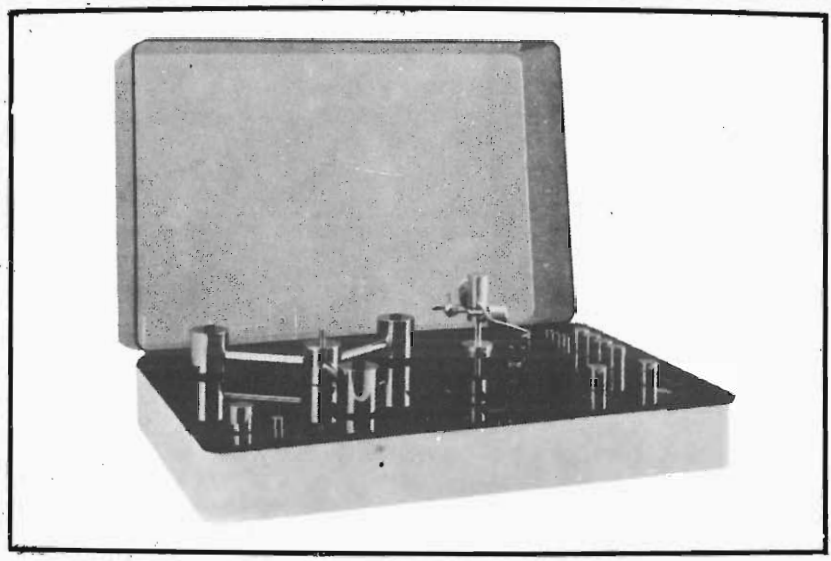


Fig. 4.6 Non tutti i giradischi sono piani. Questo elegante modello di David Sykes — il Compacta — è un esempio di sospensione puntiforme che rende problematico l'uso dei dischi più sottili.

zione del rumore, con la possibilità di usare pesi d'appoggio più bassi e l'altro grosso vantaggio della minor vulnerabilità ai danni causati dall'impatto puntina-disco.

Non è che questi polimeri di polivinile siano completamente invulnerabili... anzi, ricordo ancora la mia prima esperienza con i dischi a durata prolungata, circa trent'anni fa, quando, recatomi a riparare il radiogrammofono di un mio cliente, questi stava facendo ascoltare alla moglie il suo bel disco da 7 pollici. « *E guarda qua, cara* — diceva — *lo si può anche curvare!* ». In effetti restava curvo e così pure, credo, la sua credibilità.

Negli anni precedenti, la procedura seguita consisteva nel riscaldare prima un pezzo del materiale usato, e nel metterlo subito dopo, ancora caldo, sullo stampo. Il PVC, che ha un'alta temperatura di fusione, usa un forno a raggi infrarossi, o anche un forno ad aria calda, e il materiale viene pre-modellato.

Esistono parecchi altri procedimenti alternativi, e non sono io quello che può stabilire quale sia il migliore.

Lo stampaggio finale viene effettuato comprimendo il materiale termoplastico in uno stampo come per i libri. Con uno

stampo sopra e un altro sotto, il blocco stampante viene riscaldato internamente con del vapore, e la regolazione del calore viene fatta con acqua fredda. A titolo di curiosità, la prima cosa che si mette nello stampo è l'etichetta. Essa viene incollata dentro lo stampo, sia sopra che sotto, poi viene inserito il materiale preriscaldato e mischiato; si chiudono quindi gli stampi e alcuni pistoni idraulici li spingono con pressioni di qualche tonnellata per pollice quadro; in questo modo il PVC assume, volente o nolente, la forma a solchi corrispondente all'intaglio dello stampo.

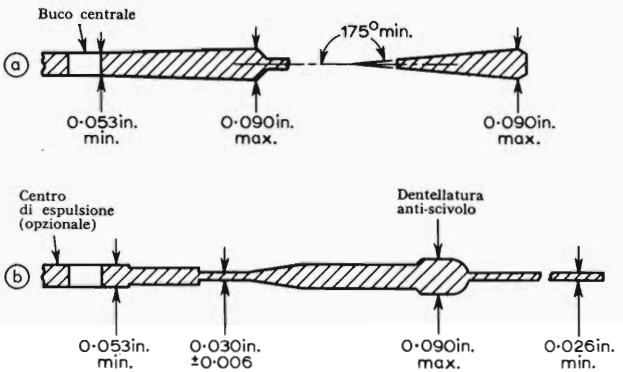
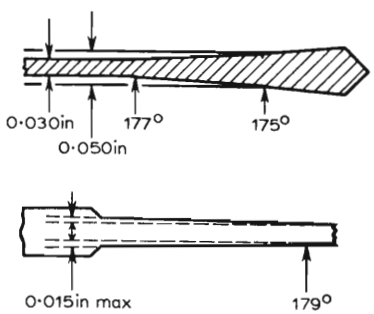


Fig. 4.7 (sopra) Le dimensioni IEC dei dischi a sagoma standard e di quelli da 7" (b), da cui si vedono gli effetti dei bordi rialzati e delle dentellature antiscivolo usate per i dischi più piccoli.

Fig. 4.8 (sotto) Un confronto fra la sagoma dei dischi normali e quella più sottile del Dynaflex proposto dalla RCA.



I pistoni si aprono dopo una trentina di secondi, e i blocchi vengono separati. Un incisore circolare provvede a rimuovere le sbavature dal margine esterno del disco che viene poi messo su un lungo mandrino.

Il controllo è costante, fino al confezionamento e all'inscatolamento. In molte fabbriche di dischi il procedimento è, per gran parte, completamente automatizzato; si arriva (è il caso della DGG) ad automatizzare perfino il controllo con i dischi prova, con tanto di carta e pennino scorrevoli, per rivelare e correggere eventuali errori mediante impulsi di controreazione alla catena di produzione.

Assieme alla tecnica di modellamento a pressione descritta prima si usa un metodo di modellamento a iniezione, per mezzo del quale la plastica malleabile viene incanalata a forza in una cavità posta fra gli stampi. Si usa il polistirene modificato o quello acrilico, il quale ha alcuni vantaggi, si dice, rispetto ai copolimeri di vinile.

Ci sono alcune difficoltà connesse a questo metodo, soprattutto la necessità di attaccare le etichette dopo lo stampaggio, e la maggior parte del lavoro d'oggi, specie negli U.S.A., verte sulla produzione di dischi da 7 pollici. Il vantaggio maggiore sta nella velocità, e possiamo aspettarci ancora altri miglioramenti.

La stampa a rilievo

Prima di concludere questa chiacchierata sul procedimento di formazione dei dischi da grammofono dobbiamo ricordare i metodi di stampa a rilievo.

I lettori bene informati collegheranno, non senza una punta di scherno, i dischi così prodotti a quelli dati in regalo per pubblicità. Tale metodo consiste nell'alimentare tramite un canale pre-riscaldato uno stampo con uno strato sottile di vinile (lo spessore varia nel rapporto 1:3 a seconda che si lavorino dischi a una sola facciata o a due facciate); lo stampaggio avviene con tecniche raffreddanti. La quantità di dischi prodotti in questo modo è rilevante, e la velocità di produzione è anch'essa elevata.

Un altro metodo di stampa a rilievo consiste nello stampare una pellicola sottile 0,005 centimetri su un laminato di acetato di cellulosa, e va ricordato, tanto per la cronaca, perché grazie ad esso molti ascoltatori, originariamente scettici, sono stati introdotti alle delizie della buona musica. Per ogni comunicato pub-

blicitario sprecato, c'è sempre qualcuno che viene interessato al problema, e uno su cento viene convinto. Qualsiasi agenzia pubblicitaria seria può dirci qual'è la percentuale di « spreco » ... a noi non interessa sapere che ci sono una o due persone che si sono lasciate « coinvolgere » piuttosto che perdere il loro tempo giocando a Bingo o ascoltando musica di sottofondo.

Lo spessore dei dischi

Prima si è parlato un po' di spessore dei dischi e qui daremo alcuni dettagli. I costruttori di dischi hanno cercato con ogni mezzo, di arrivare a qualche forma di unificazione. Mentre nei vecchi dischi (gli Shellac a 78 giri) lo spessore era sinonimo di bontà del prodotto, in quanto maggior spessore comportava minore deterioramento, l'avvento degli LP ha portato a un rimpicciolimento delle dimensioni, anche se ciò non ha sempre coinciso con una maggior qualità. Esiste una norma I.E.C. (pubblicazione 98) che afferma: « ... *Per tutti i tipi di dischi lo spessore della parte più alta deve essere compreso fra* 2.5 *mm e* 1.5 *mm. Se si*

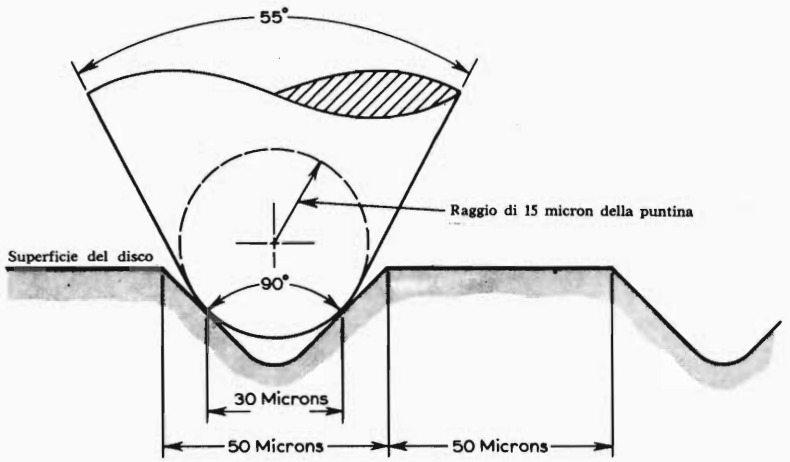


Fig. 4.9 Alcune dimensioni del solco del disco, con le misure relative e la forma dello stilo sferico.

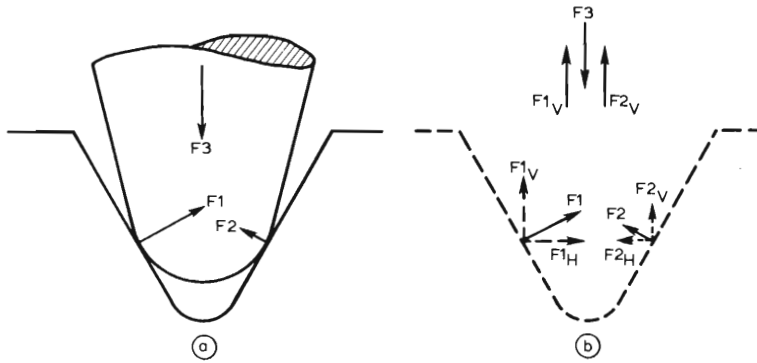


Fig. 4.10 (a) Le forze che agiscono durante la registrazione stereofanica. FI rappresenta la modulazione del canale destro che avviene ad angoli perpendicolari rispetto alla parete del solco. (b) In questo caso abbiamo una forza F2 più piccola agente sulla parete esterna di sinistra, mentre F3, la forza necessaria per il tracciamento, mantiene lo stilo nel solco. In (b) è rappresentato il diagramma delle forze che fa vedere, una volta effettuate le scomposizioni, come parte della forza se[illegible] da opposizione alla forza di tracciamento, oltre ad alcune differenze tra complianza laterale e complianza verticale.

fa uso di margini o di etichette che sporgono o di entrambi, le dimensioni sono le seguenti... » Vedi figg. 4.7 (a) e (b).

Nell'ottobre del 1970, alla convenzione della Audio Enginnering Society in New Work, W.R. Isom della RCA Records avanzò l'ipotesi che fosse necessario un « nuovo profilo ».
Ci sono voluti un paio di anni prima che uscissero i dischi *Dynaflex* della RCA, ma nel momento in cui scrivo, questi dischi più sottili vanno guadagnando terreno negli U.S.A.; essi permettono ai costruttori di risparmiare sui costi di produzione ed hanno alcuni vantaggi anche per l'utente, purchè siano stampati con una certa cura — è lì che sta il baco, secondo me!

Un disco long-playing pesa mediamente intorno ai 135 grammi ed ha uno spessore di 1.28 mm. La figura 4.8 mostra a confronto questo tipo di profilo (a), e quello proposto ultimamente.

A prima vista, la proposta della RCA sembra introdurre alcuni problemi, quali un angolo di lettura alquanto problematico, che molte combinazioni braccetto-testina non gradiranno.

Si dice comunque che la inclinazione della superficie del disco di 2° e il successivo graduale abbassamento di 3° andando verso l'interno, non ha alcuna conseguenza sulla riproduzione finale. Può darsi che ciò sia vero per molti fonorivelatori, ma i puristi dall'orecchio ultra sensibile udranno sicuramente, all'inizio e alla fine del disco, un'orribile distorsione, tollerata tranquillamente dalla maggior parte di noi.

I vantaggi tecnici dei dischi più sottili, secondo la RCA consistono (a) nel minor peso — e quindi, nel costo minore; (b) nello stampaggio più facile, che permette di evitare le striature; (c) nella diminuita capacità termica, e quindi stampaggio più uniforme; (d) nella diminuzione delle sollecitazioni interne e (e) nella minore distorsione superficiale.

Un effetto secondario è quello di un più facile contatto del disco con il « mat » (lo stuoino di plastica) del piatto o — Dio ce ne guardi! — col disco che si trova già sotto, nel caso di riproduzione automatica di più dischi. La compagnia comunque non ha fornito risposte alle domande in cui si chiedeva quale sarebbe stato l'effetto su questi dischi sottili dei nuovi piatti d'oggi quali i Transcriptors, quelli della Bang & Olufsen e pochi altri, i quali invece del piatto uniforme usano come supporto tre punti di appoggio per il disco!

La riproduzione

In uno dei prossimi capitoli avremo a che fare con il procedimento di riproduzione e di come viene letto e trattato il segnale stereofonico del disco, soffermandoci sui diversi tipi di fonorivelatori e sulla quadrifonia.

In questo capitolo si è cercato di illustrare alcune fasi del complicato procedimento che porta alla realizzazione del disco che noi usiamo.

Ci sono vari criteri per confrontare il disco col nastro, alcuni basati sulla gamma dinamica, altri sulla risposta in frequenza complessiva dei riproduttori e dei trasduttori disponibili, altri ancora basati sui criteri di basso rumore di fondo. Tuttavia non vi è alcun dubbio che, in definitiva, la riproduzione di un buon disco con un impianto altrettanto buono si avvicina quasi alla situazione reale — in altre parole può considerarsi praticamente un'approssimazione dell'alta fedeltà.

5. Radiostereofonia

Come abbiamo già visto la trasmissione via radio ha avuto un ruolo fondamentale nello sviluppo della stereofonia. Tuttavia, per un capriccio del destino, è abbastanza problematico per gli organizzatori dei programmi stereo ottenere l'apertura sonora tipica della stereofonia con metodi semplici.

Non ci sarebbe niente di più facile che emulare i primi pionieri e trasmettere due programmi separati, uno per ciascun canale, con due trasmettitori e due lunghezze d'onda diverse, trasmettendo in modo che il ricevitore possa sfruttare appieno i vantaggi dei canali separati. Ma tutto ciò richiederebbe un incremento dell'intervallo delle lunghezze d'onda tale che si sarebbe posto solo per un numero di stazioni ristretto; quindi il primo requisito è quello di lavorare con un segnale « combinato » e con un solo trasmettitore, mentre la seconda richiesta è quella di codificare tale segnale in modo che non rechi disturbo alle altre trasmissioni.

La compatibilità

Qui vorrei fare un appunto personale: la temibile parola « compatibilità » ha causato più crepacuori nell'ambiente delle trasmissioni radio che in qualsiasi altro settore. Un sistema di propagazione nuovo che risolvesse molti dei problemi precedenti sarebbe il benvenuto, e se fosse possibile adattarlo ai sistemi di trasmissione esistenti in modo da ridurre i costi ed eliminare i problemi, si potrebbe pensare che tale sistema sia da considerare come desiderabile.

E invece no! Inevitabilmente verrebbero fuori quegli interessi mascherati o quegli energici gruppi che lavorano per l'interesse di varie minoranze e si arriverebbe a qualche interpellanza parlamentare.

Il nodo centrale della faccenda sarà sempre: « *il nuovo sistema è in grado di garantire agli altri utenti una sua completa utilizzazione?* ». La risposta, dal punto di vista tecnico, dovrebbe essere sempre: « Sì ». Ma per promuovere e migliorare bisogna eliminare i parametri precedenti, e le implicazioni sociali hanno una importanza molto grande oggi, e i cambiamenti devono essere graduali in modo che sia possibile avere sempre davanti i due sistemi diversi per accorgersi dell'assurdità della cosa.

Una situazione di questo tipo è evidente, nel momento in cui scrivo, nelle trasmissioni televisive, dove molti televisori sorpassati ricevono ancora le trasmissioni a 405 linee, mentre gli stessi programmi, con qualcosa in più, vengono trasmessi con sistemi a 625 linee, come avviene ormai in tutta Europa, che permettono di trasmettere a colori.

La modulazione di frequenza

In radiofonia, il problema è abbastanza diverso. L'uso della modulazione di frequenza permette l'uso di bande di frequenza più larghe, dà all'emittente i mezzi per trasmettere uno spettro audio più esteso e, infine, permette di incorporare nel sistema esistente il segnale stereo, con una piccola perdita della potenza del segnale, mentre non vi è sovrapposizione di frequenze.

In altre parole nella banda FM c'è tanto posto per le stazioni ben messe che esse possono irradiare anche segnali a larga banda, per la felicità degli audiofili. Ma, in questo caso, il vecchio spauracchio della compatibilità, sommato ai problemi dei bassi indici di gradimento, sta uccidendo la radio FM — e, di conseguenza, anche la radio stereo, ormai morta stecchita così come le idee di Cristopher Stone sulle « trasmissioni di qualità ».

C'è anche la tendenza anomala di escludere dalla stereofonia i programmi FM che potrebbero invece usarla, come è il caso delle trasmissioni radio delle lezioni alla Open University. Queste

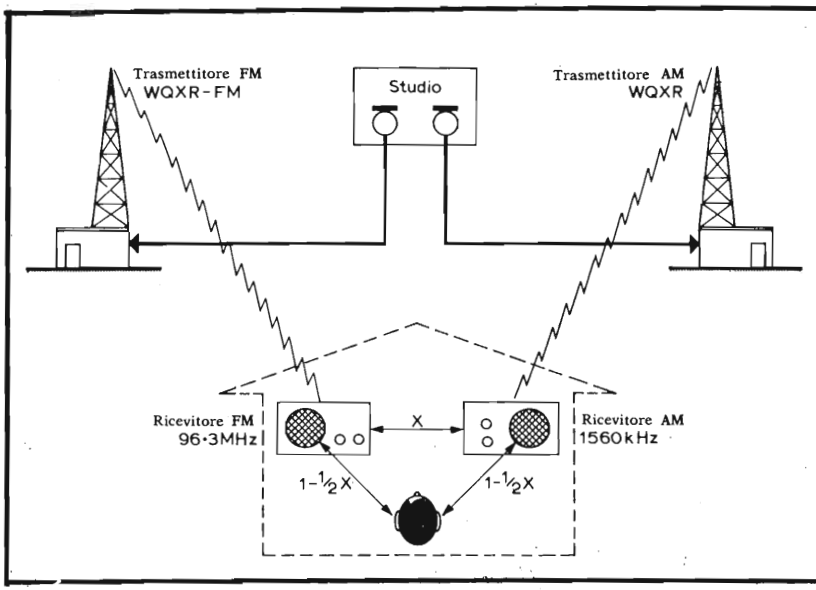


Fig. 5.1 Uno dei primi sistemi di trasmissione stereofonica che utilizzava la f.m. per il canale sinistro, mentre il canale destro veniva irradiato da una stazione a.m. separata. Il metodo funzionò abbastanza bene nelle aree urbane americane (quello in figura si riferisce alle stazioni di New York della WQRX e della WQRX-FM),

potrebbero essere trasmesse anche con una linea telefonica chiusa a terra, per quella che è la qualità d'ascolto!

Il dr. Colin Cherry ha spiegato in modo competente la teoria della comunicazione e della larghezza di banda; non credo ci sia bisogno di spiegare ai lettori che mi hanno seguito fin qui che per trasmettere una sola informazione è sufficiente una banda di frequenze anche piccola, mentre la gamma tonale e dinamica completa della musica di alta qualità, Palestrina o pop che sia, necessita di tutto quello che la nostra borsa ci permette in termini di larghezza di banda e di regolarità.

Per quanto concerne i programmi pubblicitari vi prego di esimermi dal commentarli. Una piccola dose di soggezione rispetto al metodo americano, dove non è possibile ascoltare qual-

siasi cosa per più di due minuti di seguito senza che qualche lametta o qualche operatore immobiliare interrompano con aforismi che diventano piacevoli solo se ascoltati in un altro momento di tranquillità, mi ha convinto che lo spirito commerciale sta rovinando tutto.

I primi metodi di trasmissione

Questo libro non sarebbe stato scritto affatto se non fossi stato interessato alla qualità. Le trasmissioni stereofoniche potrebbero offrire alla gente un ascolto via radio di buona qualità: invece oggi si è portati a usarla come sottofondo musicale per il pop-corn, a sottovalutarla allo stesso modo di quelli che si interessano di alta fedeltà. Come è potuto succedere questo? Nel capitolo I abbiamo tracciato alcune linee di inquadramento storico. Proviamo a ripercorrerle.

Sono stati provati parecchi sistemi di trasmissione stereofonica. Il primo metodo, quello a.m.-a.m. del 1920, aveva il grosso inconveniente che una fetta troppo grossa dello spettro di frequenze veniva occupata dai sistemi del canale destro e sinistro (vedi anche cap. I). Il lavoro iniziale della BBC portò a utilizzare un nuovo tipo di emittente f.m. per il canale sinistro, mentre una stazione a onde medie già esistente provvedeva a irradiare le informazioni del canale destro.

Sotto opportune condizioni, essa funzionava. Avrebbe potuto funzionare anche meglio, ed era ben vista negli USA dove molte stazioni trasmettono sia in a.m. che in f.m.

Quando la modulazione di frequenza arrivò a essere conosciuta dal pubblico, subito dopo la seconda guerra mondiale, essa sembrava essere una scelta « ovvia ». Tuttavia esiste l'inconveniente intrinseco che non è possibile eliminare del tutto la disparità fra i canali. La banda a.m. sarà sempre qualitativamente peggiore di quella f.m.

La soluzione — anch'essa « ovvia » — è di trasmettere ciascun canale in modulazione di frequenza. Ma ciò comporta uno spreco assurdo dello « spazio » disponibile in aria.

La FCC americana stroncò tale possibilità sul nascere. Tanto per cominciare, essa occupa una banda di frequenze troppo grande rispetto ai pochi ascoltatori che la utilizzano, e poi essa non

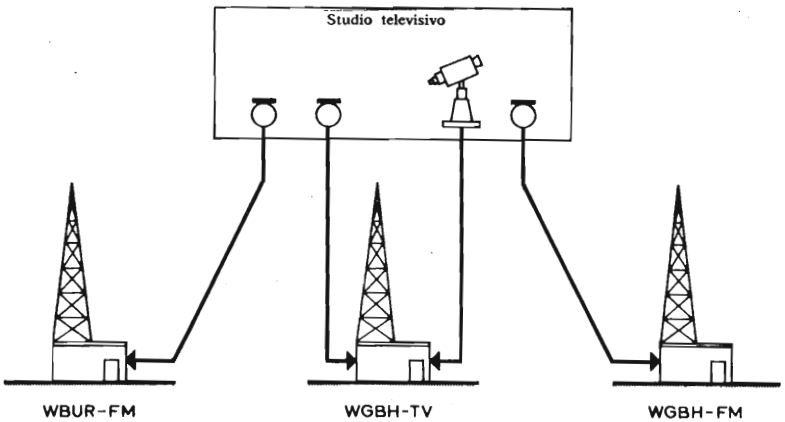


Fig. 5.2 Nel 1958, a Boston, vennero fatte delle trasmissioni a tre canali TV-f.m.-f.m. che irradiavano « La bella addormentata » di Walt Disney.

è affatto compatibile con i sistemi esistenti. Anche qui ritroviamo questa brutta parola — il sistema f.m.-f.m. sarebbe sicuramente quello che offre la migliore qualità, con trasmissioni stabili ed opportuni ricevitori, rispetto ai vari sistemi « multiplexing » che discuteremo tra breve.

Gli esperimenti TV/radio

Il primo tentativo di usare la TV e la trasmissione f.m. come mezzi per propagare la stereofonia fu fatto dalla BBC nei tempi in cui si sperimentavano queste tecniche, come del resto abbiamo già riferito.

Tali tentativi sono destinati a fallire se è vero che la stereofonia ha come scopo quello di migliorare la qualità dell'ascolto. Infatti, com'è noto, la qualità del suono TV è abbastanza scadente.

Non perché sia cattiva la qualità di trasmissione — mi sia concesso di chiarire questo punto, a difesa dei colleghi che ci lavorano dentro, dal momento che spesso ciò avviene senza che essi possano farci nulla — ma, sono i costruttori di televisori che nella loro ottusità commerciale saranno sempre portati a trascurare il suono rispetto all'immagine.

Ci sono state una o due eccezioni notevoli, ma non si può dire che la gente se ne sia preoccupata gran ché: questo giustifica forse il mio atteggiamento cinico rispetto a queste cose!

Il problema che si presenta agli introduttori di questo sistema è che entrambi i ricevitori devono funzionare per tutto il tempo, il che, nuovamente, è da considerare uno spreco.

Nel 1958, furono fatti alcuni tentativi, per ovviare a questo inconveniente, a Boston, Mass., dove la stazione WBUR-FM collaborava col canale culturale WGBH-TV. La prima trasmetteva

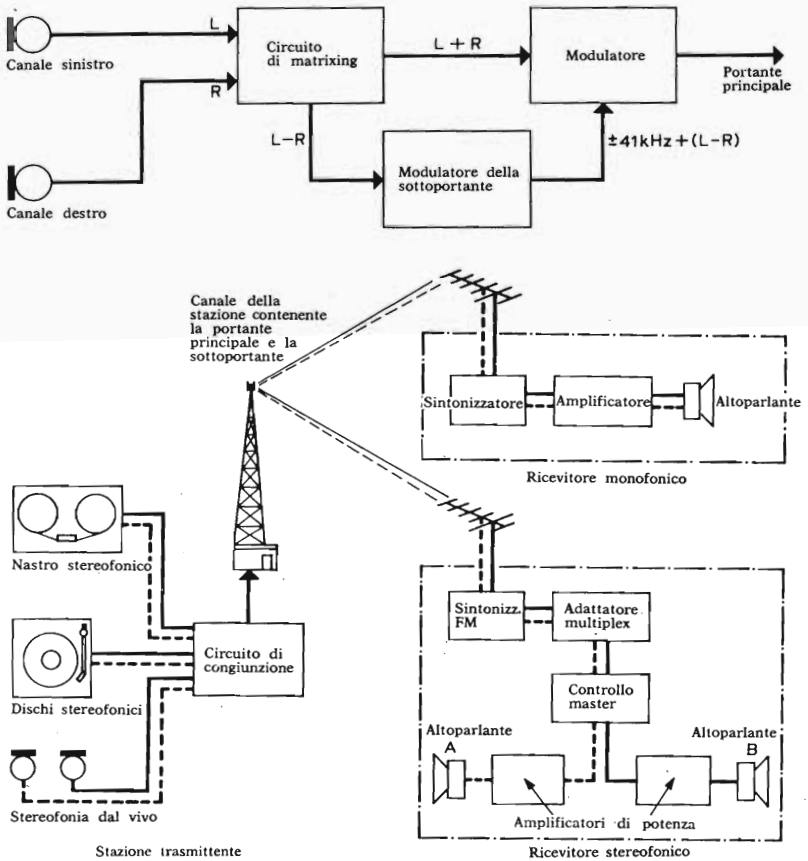


Fig. 5.3 Il metodo di modulazione di Crosby.

il segnale sinistro, la seconda il segnale da un microfono centrale, mentre la trasmissione in FM forniva il canale destro.

Il vantaggio di tale apparato, nonostante fosse un sistema stereo a tre canali, era che il canale centrale era disponibile come trasmissione mono per quegli sfortunati che ritenevano la stereofonia un gioco di prestigio.

La bella addormentata di Walt Disney venne presentato a Boston con un altro apparato a tre canali, con il segnale centrale della TV che trasmetteva *La vita di Tchaikowsky.*

Il « multiplexing »

Quale sia il metodo usato, il compromesso necessariamente costringe a trasmettere con un unico sistema di uscita; così nacque e si perfezionò il « tono pilota » delle trasmissioni radio stereofoniche.

Le sue origini vanno cercate in Europa. O meglio, più che origini, lo sviluppo dell'idea originale. Insomma un po' come in Gran Bretagna dove abbiamo assistito alla nascita dello Hovercraft, degli aerei a geometria variabile e delle celle a combustibile: l'invenzione o l'idea da sola non basta finché non ci sono i finanziamenti per renderla operativa!

Possiamo far risalire l'origine del multiplexing (o sistema di trasmissione contemporanea sulla stessa onda) all'inventore della modulazione di frequenza, Major Edwin H. Armstrong; i suoi esperimenti del 1934 e i successivi sviluppi che andarono avanti fino all'inizio della seconda guerra mondiale comprendevano già i concetti base della modulazione e del multiplexing, ma bisogna arrivare al 1955 e a B. Hines che, in un pezzo pubblicato su *Radio & Television News* dette il nome al sistema, descrivendolo più o meno estesamente.

Nel 1941 Eastman & Woodword proposero un dispositivo mutiplex abbastanza singolare, con entrambi i canali portati dalla stessa portante, in modo binaurale, usando una portante in a.m. sfasata di 90°. Le prove di diafonia, effettuate su un ricevitore che sfasava di 90°, davano valori di ben 30 dB.

Più tardi ci furono ingegneri che usarono le onde corte radiofoniche assieme al telefono; ma si trattava di prove effettuate sul tratto d'acqua fra Cape Charles e Norfolk, in Virginia, e si dovette arrivare al 1955 per fare dei passi avanti. Ciò avvenne

quando la FCC approvò il multiplexing, eliminando alcune vecchie norme.

Il motivo di tale scelta non era dettato, naturalmente, dall'altruismo. Lo stimolo venne dall'alto, e precisamente dai grossi produttori che intravedevano la possibilità di grossi guadagni.

Oggigiorno il termine più adatto potrebbe essere « Storecasting », se proprio vogliamo usare un termine ortodosso; il principio è questo: la musica viene « distribuita » nei negozi, negli uffici, negli hotel o in qualsiasi altro posto dove l'avventore sia disposto a pagare, ma il suono, invece che sulla terraferma, viaggia sulle onde dell'aria.

Questo pericoloso fenomeno che intorpidisce il cervello non è ancora giunto da noi, ma in posti come l'America esso è entrato a far parte delle abitudini necessarie, tanto che quando il riproduttore si guasta la gente ne sente la mancanza.

Prima del 1955 veniva usato un sistema di trasmissione simplex, il quale forniva programmi f.m. regolari ai negozi, ecc., eliminando la pubblicità, cosicché il negozio poteva diramare i propri comunicati nel corso delle frequenti interruzioni.

Nonostante ci fosse il bando ufficiale del FCC che autorizzava il multiplexing ci vollero tre anni prima che il sistema precedente venisse eliminato.

Il motivo dell'introduzione del multiplexing, o per essere più esatti, il motivo per cui il Committee insisteva sul suo uso, era legato alla necessità di rendere i vari sistemi tra loro compatibili, data la crescente importanza della stereofonia.

L'utente che possedeva un ricevitore mono doveva essere in grado di ascoltare il segnale stereo in mono, se il suo apparecchio non possedeva un decodificatore; insomma non si poteva peggiorare il programma.

C'erano stati metodi di multiplexing che, sfortunatamente, non si adattavano a questi requisiti, sebbene fornissero dei buoni segnali stereo.

Major Armstrong e il suo gruppo della Columbia University avevano già presentato un sistema multiplex al « Radio Club of America », ma si trattava di un sistema affatto incompatibile.

Qualche tempo prima, nel 1950, William S. Halstead e Murray G. Crosby svilupparono il sistema *Stereosonic*. Tra parentesi — il nome fu scelto come una specie di antinomia per « stereofonia con una sottoportante ultrasonica ».

In realtà la stazione usava attrezzature di trasmissione

standard, con il beneplacito del New York State Rural Radio Network che effettuava regolarmente trasmissioni mono fin dal 1948. La potenza era di 4 KW, e si effettuavano programmi multipli e trasmissioni stereofoniche sui 97.9 MHz che avevano una modulazione della portante principale del 90% per una modulazione della sottoportante di 35 KHz del 10%.

C'erano tuttavia alcune limitazioni: una di queste era una risposta in frequenza che arrivava solo a 8 KHz. I fautori delle onde medie furono pronti a puntualizzare che sotto opportune condizioni la loro qualità di trasmissione era la stessa. I livelli di rumore diventarono il punto della discordia — e continuano ad esserlo ancora oggi.

Non bisognerebbe sottovalutare questi tentativi pionieristici. I nomi di Halstead e Crosby compaiono spesso nelle riviste tecniche di quei tempi. Questi ricercatori, in particolare, si dettero da fare per portare la distanza utile per le trasmissioni fino ad un limite accettabile di 45 miglia, sotto condizioni normali.

Ulteriori sistemi

Dopo aver lavorato insieme Crosby e Halstead decisero di continuare ognuno per proprio conto. Dal 1958 in poi Murray Crosby diresse i propri laboratori nei quali si studiava un sistema basato sull'idea della somma-e-differenza dei segnali.

Ritorneremo più avanti su tale punto. Il metodo di Crosby richiedeva che i due segnali venissero trasmessi contemporaneamente, alla portante principale in concordanza di fase, mentre al generatore della sottoportante arrivavano fuori fase.

L'inversione di fase effettuata dal ricevitore separava tali segnali, assicurando così una completa compatibilità, un'ampia risposta in frequenza (si diceva 15 KHz), caratteristiche simili fra i canali (dobbiamo ricordare che allora c'era una certa riluttanza verso le proposte di sistemi di trasmissione stereofonica), e, per finire, una migliore ricezione dovuta ad un più alto rapporto segnale/disturbo.

Un po' alla volta il FCC si convinse della bontà della tecnica di trasmissione multiplex e ben presto concesse il permesso di trasmettere interamente in stereo fra la mezzanotte e le dodici.

Halstead, intanto, faceva una grossa concorrenza a Crosby. Egli non sfruttava la teoria della somma-e-differenza: il canale

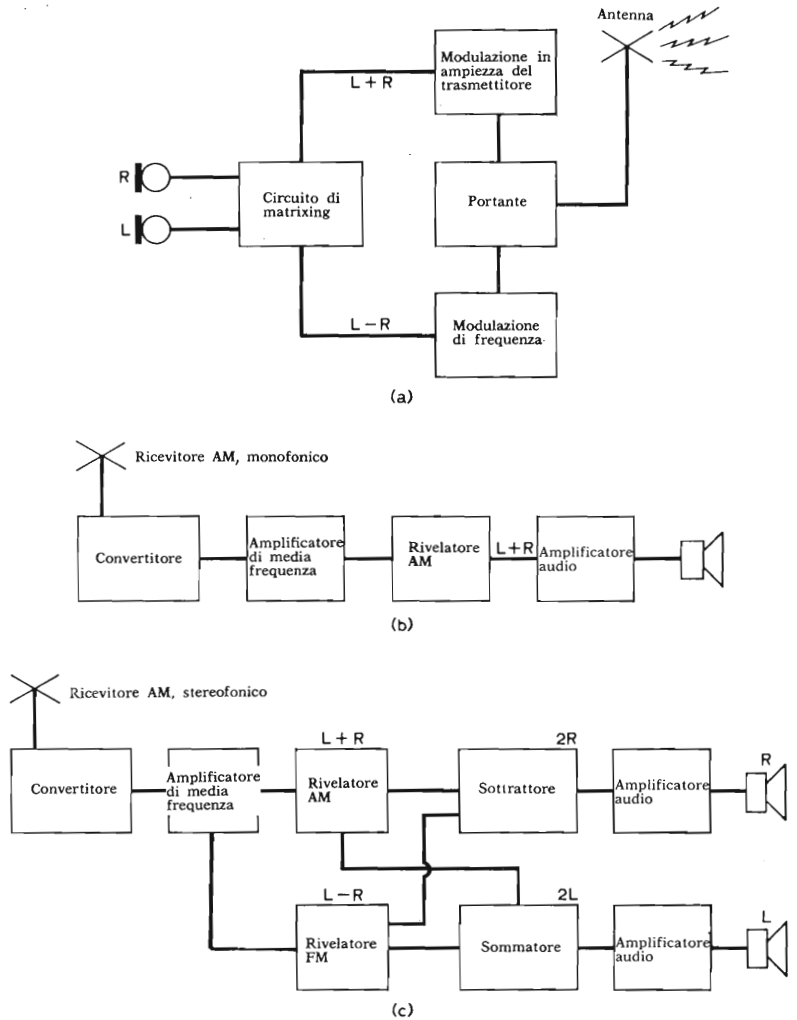


Fig. 5.4 La Westinghouse aveva introdotto un suo sistema stereofonico a.m. matrix, il quale non era però molto pratico ed era ben lontano da quella che oggi viene chiamata alta fedeltà. Esso venne presentato al pubblico nel marzo del 1959. La Westinghouse affermava che tutta l'informazione stereo importante era contenuta entro la banda 300-3000Hz.

sinistro andava direttamente alla portante f.m. principale, mentre il canale destro veniva trasmesso col multiplex.

Gli inconvenienti, senza che dica il perché, sono evidenti.

Un adattamento successivo del sistema Halstead fu quello di Burden, che usava la tecnica somma-differenza solo nel trasmettere, non al ricevitore, giocando su alcuni effetti di miscelazione acustica. Il risultato era che si passava da momenti di perfetta stereofonia a momenti in cui la trasmissione non era neanche monofonica; la cosa si commenta da sé.

Per superare alcuni dei suoi problemi Halstead propose il sistema *Phantodyne*, nel quale c'era una seconda sottoportante di 67 KHz abbinata a quella di 41 KHz per la trasmissione del canale destro. Egli inoltre elaborò strane idee sulla miscelazione.

Un altro nome si affianca ora a quelli fin qui menzionati: quello della Calbes Electronics, la quale mise a punto dei progetti in cui sfruttava le migliori idee di Crosby e Halstead, presentandoli nel 1959 alla F. M. Association of Broadcasters. L'idea consisteva nel mantenere « l'illusione stereofonica » sulle frequenze medie e basse, usando una frequenza-guida di 3,5 KHz, e nel trasmettere il segnale così filtrato attraverso il canale destro. Ciò assicurava una completa compatibilità, allo stesso modo del sistema di Crosby, anche se aveva molti dei suoi difetti.

Alla ricerca della qualità

All'inizio degli anni sessanta l'attività in questo settore era molto frenetica, ed anche in Gran Bretagna furono effettuati alcuni esperimenti.

La differenza era che non si badava tanto al compromesso commerciale quanto alla qualità tecnica dei sistemi. Soltanto la « compatibilità » era di ostacolo a tale progetto. Molto simile a quello di Crosby fu il sistema EMI-Percival, con un secondo canale trasmesso su una banda laterale della frequenza principale, sopra la banda audio, e la portante principale modulata dalla « somma » dei canali stereofonici; tale sistema si prestava alla compatibilità monofonica anche se, così facendo, riduceva la qualità stereofonica.

Ripensando a quei tempi, non molto lontani, viene da domandarsi che cosa era che rendeva così sicuri di sé i fautori delle trasmissioni stereo in a.m. — e come hanno fatto a trasci-

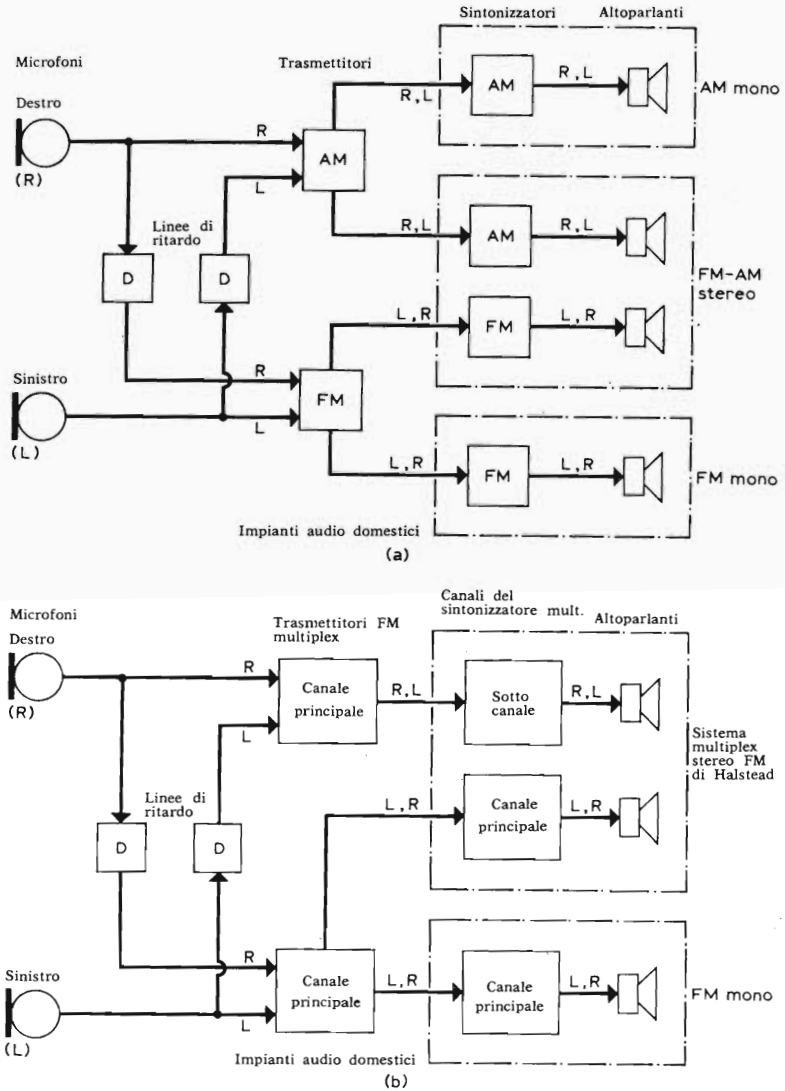


Fig. 5.5 I sistemi di Bell (a) e di Becker (b) avevano delle linee di ritardo incorporate, e per ottenere l'impressione stereo sfruttavano l'effetto Haas.

nare, dopo essersi invischiati loro stessi, anche gli altri in quella brutta storia. E notate che gli altri, erano perfettamente consci della superiorità della modulazione di frequenza nelle trasmissioni monofoniche.

La RCA fu la prima a sostenere, quando era presidente David Sarnoff, che tale sistema poteva essere applicato alle autoradio; seguita a ruota dalla Westinghouse, che modulava la portante sia in frequenza che in ampiezza, dopo aver ripreso un sistema duplex suggerito dal loro dr. Frank Conrad durante gli anni venti.

Ci fu anche la Philco, che in modo simile alla RCA e a Bell, che basava il proprio lavoro sull'effetto Haas, usando come prova le trasmissioni del Perry Como Show, fece solo un piccolo passo avanti rispetto a questi, con il sistema di Becker che usava ritardi temporali per ciascun canale.

In Giappone, a quell'epoca, la trasmissione stereo avveniva su due canali a.m., mentre in Germania la vera ricerca della qualità aveva avuto molti fautori, con l'80% delle stazioni radio modulate in frequenza, e molto lavoro sulla stereofonia f.m. in corso.

Tuttavia la decisione finale che avrebbe concentrato gli sforzi tecnici doveva venire dalla FCC in America, e bisognava aspettare ancora del tempo.

Il tono pilota

La FCC approvò solo nel 1962 il sistema multiplex della General Electric/Zenith, che usava i segnali somma e differenza. Il sistema era stato introdotto originariamente dalla Zenith Radio e portato avanti con i grossi mezzi della General Electric Company americana; e una volta accettato dalla FCC venne promosso anche dal European Broadcasting Union. Oggi è il sistema usato universalmente.

A pensarci bene è difficile immaginare quegli appassionati innovatori che bussano invano alla porta del comitato cercando di presentare una soluzione elegante per un problema così annoso, e vederli accolti a braccia aperte.

Ciò nonostante il sistema Zenith-GE non fu accettato subito dalla comunità europea. Noi abbiamo le nostre varianti, soprattutto per quel che riguarda la pre-enfasi, e siccome questo piccolo fatto è causa di dispiaceri per gli acquirenti di apparecchiature giapponesi e americane abbiamo voluto presentare una descrizione del suo funzionamento e dei problemi ad esso connessi (Fig. 5.10).

Da noi, si fa uso di una portante ad altissima frequenza modulata da tre segnali: il segnale normale « mono », la differenza tra il segnale stereo (A — B) e una portante pilota rappresentata da un tono a 19 KHz, usato come riferimento (vedi Fig. 5.6). In questo modo l'utente f.m. privo di un decodificatore stereo può continuare tranquillamente a ricevere in mono, senza ascoltare affatto gli altri due segnali o, in teoria, senza esserne disturbato.

Questi due segnali vanno ad un decodificatore, e l'utente con un impianto radio stereo può ricevere sia in mono che in stereo, con la sola differenza che il segnale stereo è leggermente meno forte, ma con la stessa efficienza per i due segnali. Il tono pilota di 19 KHz viene usato per generare dentro il decodificatore una sottoportante di 38 KHz: per entrambe le frequenze è necessaria una certa cura nella progettazione dell'apparecchio dato che devono essere separate completamente prima che il segnale audio venga elaborato.

I segnali somma e differenza

Si può comprendere meglio il meccanismo di un segnale stereo ad altissimo frequenza (VHF) guardando la Fig. 5.6, che mostra lo schema a blocchi di un trasmettitore. I due segnali microfonici separati passano prima attraverso alcuni filtri di preenfasi da 50 μS e vanno poi a una matrice. Questa fornisce un

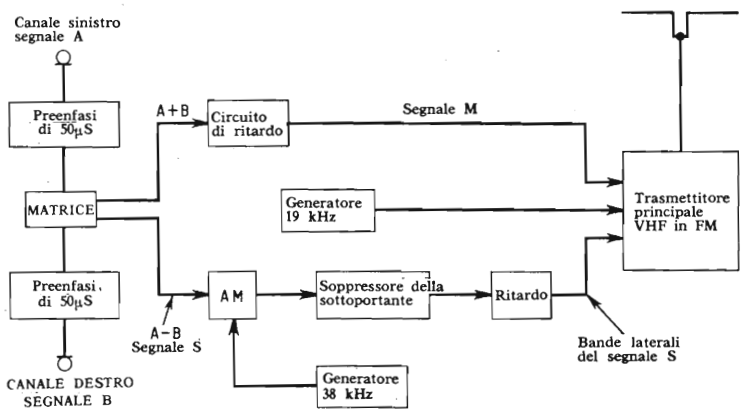
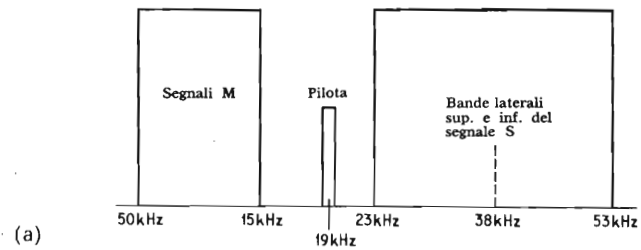
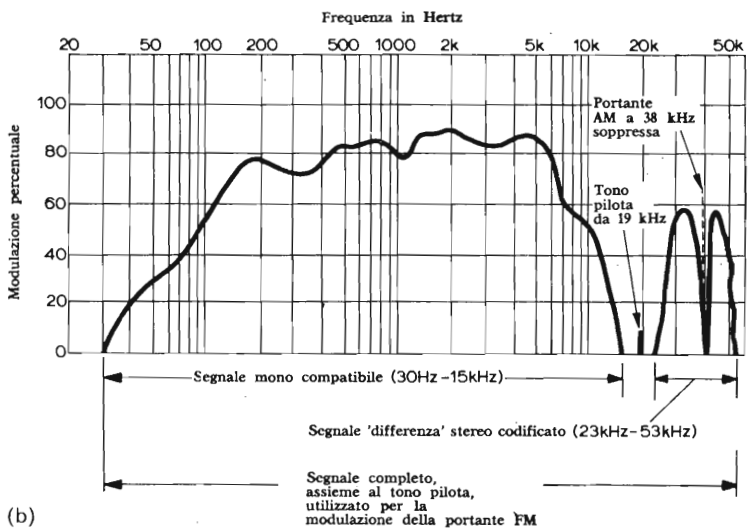


Fig. 5.6 Struttura del segnale f.m. stereofonico

segnale somma e uno differenza, A + B e A — B. La somma costituisce il segnale M o mono che va al trasmettitore principale dopo essere passato attraverso una linea di ritardo. Il segnale differenza va a modulare un modulatore di ampiezze (a.m.) a doppia banda laterale alimentato da un generatore.



(a)



(b)

Fig. 5.7 La struttura del segnale multiplex, nella sua forma semplificata (linea) (a), e come grafico (b). La parte « somma » — il segnale mono — raccoglie lo spettro 0-15kHz; poi viene inserito un tono pilota da 19kHz, e le bande laterali da 23 a 53kHz sono distribuite vicino alla sottoportante da 38kHz.

Si creano così bande laterali di valore inferiore e superiore al segnale S (differenza) che vengono filtrate attraverso circuiti di soppressione i quali eliminano la sottoportante a 38 KHz, lasciando solo queste bande laterali centrate sulla frequenza di 38 KHz. Quindi il segnale S così elaborato va al trasmettitore passando per una linea di ritardo. Il terzo segnale che giunge al trasmettitore è il tono pilota a 19 KHz. Tutte e tre le frequenze modulano la portante ad alta frequenza contemporaneamente. Le frequenze sono disposte come in Fig. 5.7a.

La portante modulata ad alta frequenza (VHF) viene prelevata al ricevitore dove a causa della risposta di un filtro di deenfasi di un sintonizzatore mono, il segnale somma viene fatto « passare » direttamente, demodulato in maniera normale. Il segnale mono porta ancora frequenze di modulazione fino a 15 KHz, come accade nelle trasmissioni a modulazione di alta frequenza. Ma dopo il rivelatore nel sintonizzatore stereo c'è un decodificatore, che seleziona, mediante opportuni filtri, i tre segnali trasmessi.

La decodifica

Dopo aver ricevuto il segnale stereo composito e dopo averlo elaborato dentro il ricevitore bisogna ricostruirlo, ovvero fare in modo che si abbia un canale destro e un canale sinistro simili a quelli trasmessi.

E qui la moderna tecnologia introduce ulteriori problemi e motivi di discussione. Il pomo della discordia è proprio il decodificatore. Infatti, contrariamente a quello che si potrebbe pensare non basta montare su un ricevitore mono un decodificatore per ottenere un segnale stereo perfetto.

Il problema principale consiste nel cercare di evitare che le alte frequenze vengano attenuate. Se il ricevitore non è già predisposto per l'aggiunta di un decodificatore, la sua aggiunta può benissimo privarvi di quei pochi kilohertz che, nel tentativo di migliorare la qualità del vostro impianto, voi cercate di guadagnare. Quindi è bene spendere due paroline sulla decodifica.

Prima di tutto dobbiamo ragionare come se improvvisamente venisse interrotto un segnale di 38 KHz. L'interruzione nel trasmettitore e nel ricevitore deve essere istantanea, altrimenti la

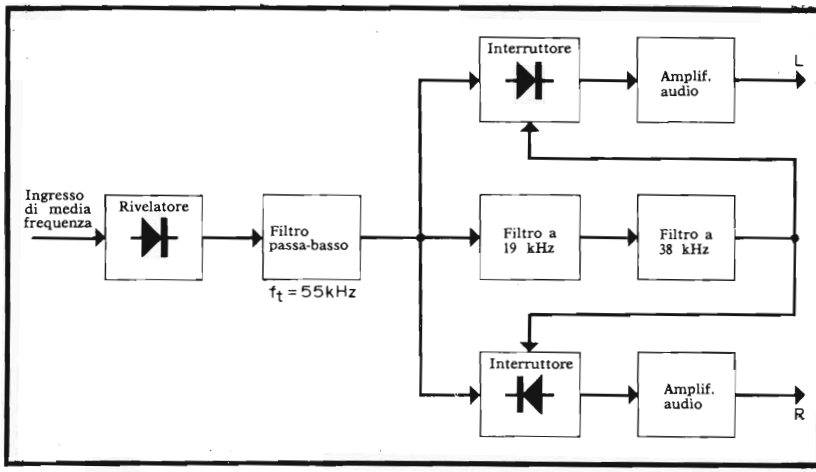


Fig. 5.8 Schema a blocchi di un decodificatore « switch ».

risoluzione fra i canali risulta errata. Dopo il rivelatore, posto nel ricevitore f.m., si inserisce un decodificatore che ha lo scopo di sincronizzare l'impulso d'interruzione del trasmettitore e fare in modo che i canali destro e sinistro del ricevitore ricevano i segnali giusti nel momento giusto.

Semplice, no? Magari lo fosse veramente! Come avrete capito (altrimenti non avreste comprato questo libro) in hi-fi c'è molta più sostanza di quanto possa apparire a prima vista — anche se il risultato finale può farci credere che stiamo ascoltando l'originale.

Lo schema a blocchi di Fig. 5.8 fa vedere che il metodo di decodifica è molto più complicato. Dopo il decodificatore è inserito un filtro passa basso, il cui scopo è quello di far passare il segnale stereo senza che esso venga contaminato dalle frequenze più alte che potrebbero distorcerlo.

Poi ci vuole una frequenza di interruzione (switching) da 38 KHz, ma, come abbiamo già visto, il trasmettitore fornisce solo 19 KHz. Quindi bisogna filtrare quest'ultima in modo molto accurato e duplicarla.

I 38 KHz così ottenuti comandano due interruttori contro fase, e dipendono molto dalla giusta fase del segnale. Ma è im-

possibile avere fasi e correzioni temporali molto accurate, e bisogna fare ricorso alla « correzione di diafonia ».

Questa ci riporta ad un argomento precedente. Una certa quantità di diafonia ci sarà sempre: è una cosa insita nel sistema; così come ci sarà sempre bisogno di rendere le cose compatibili, il che ha portato al sistema ad interruzione suddetto.

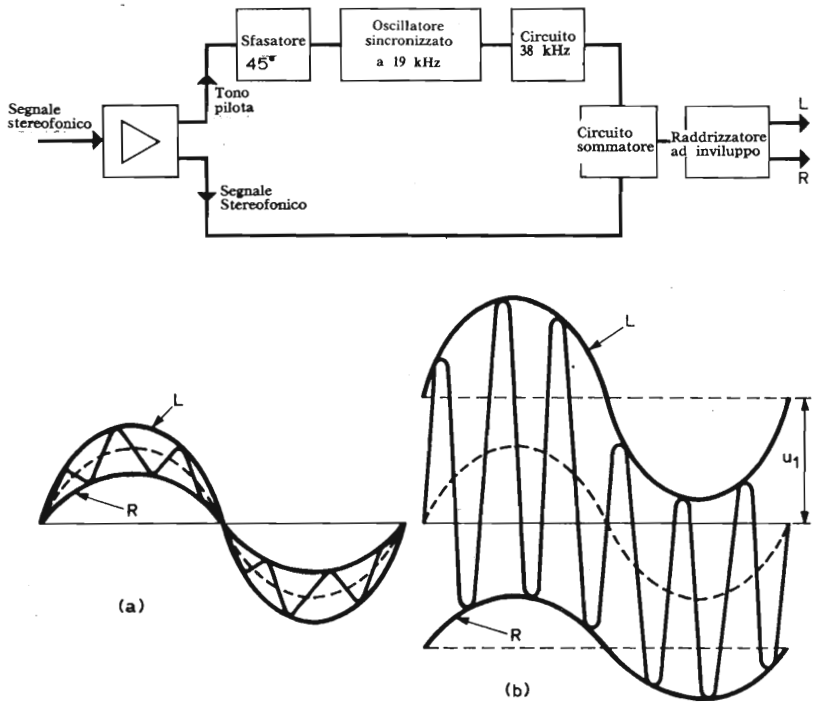


Fig. 5.9 Schema a blocchi (a) di un decodificatore ad inviluppo, e (b) metodo di decodifica con l'aggiunta di un segnale costante da 38kHz al segnale stereo.

Decodifica a inviluppo

Su una pubblicazione Philips degli anni in cui la polemica era aperta, la compensazione con la diafonia era considerata una caratteristica necessaria per lo sviluppo della decodifica ad in-

viluppo. Qui si ha a che fare con un segnale di 38 KHz aggiunto al segnale principale: quest'ultimo varia a seconda del contenuto del programma, mentre il primo è mantenuto, naturalmente, costante. Questo procedimento allontana fra loro i due « inviluppi » delle forme d'onda; esso è concettualmente simile al metodo a « switch », anche se i dettagli sono diversi.

Questo procedimento era basato sulla modulazione del segnale d'ingresso con un tono pilota e uno sfasamento di 45°, ed il punto di lavoro scelto in modo che la modulazione avvenisse in corrispondenza della parte lineare finale della curva caratteristica del transistor; per cui si rese necessario l'uso di filtri a larga banda, in modo da prevenire la fastidiosa distorsione dovuta alla reazione dei 19 KHz, dei 38 KHz e dei segnali somma-e-differenza prodotti dalla modulazione.

Tale circuito aveva i suoi vantaggi, specialmente se accoppiato ad un ricevitore a valvole, tuttavia era causa di interruzioni.

Commercialmente il metodo « matrix » non è ancora ben visto, anche perché i costi di produzione sono più alti rispetto al decodificatore tipo « switch », che riscuote quindi molto successo. Il principio di base è quello mostrato in Fig. 5.8, e avremo modo di esaminarlo meglio più tardi.

Prima invece parliamo un po' del « matrixing », anche per avere un quadro completo della situazione.

La decodifica matrix

Questa tecnica consiste nel miscelare e separare i segnali, e forse la dizione « decodificatore a somma-e-differenza » può aiutare a far capire il suo funzionamento.

Come abbiamo visto, il segnale stereo, è costituito dai canali destro e sinistro addizionati e sottratti tra loro elettronicamente, e quello che uno ha è L + R e L — R.

Il primo è in pratica il segnale mono, mentre l'informazione stereo è contenuta nel segnale differenza usato per modulare la sottoportante di 38 KHz. Questa viene modulata in ampiezza e quindi soppressa.

Il motivo per cui si elimina questa sottoportante è quello di migliorare il rapporto segnale/disturbo, tuttavia la frequenza di riferimento da cui si ricavava, nel trasmettitore, la sottopor-

tante a 38 KHz, continua ad essere trasmessa come tono pilota e viene irradiata insieme alla portante principale, la quale è modulata in frequenza dal segnale L + R fino a un livello del 90%.

Siccome la modulazione di frequenza consiste nel fare oscillare una frequenza dentro un insieme di frequenze portanti, la percentuale di modulazione è equivalente alla sua « deviazione » e nel sistema adottato qui da noi una deviazione di ±75 KHz rappresenta una modulazione del 100%.

Questo, tanto per ricapitolare. Adesso abbiamo un segnale proveniente dal trasmettitore che è composto da una informazione mono fino a 15 KHz (che è ben compatibile) mentre l'informazione al di sopra di tale frequenza è filtrata via completamente dalla de-enfasi (vedi Fig. 5.10). Sopra a questa abbiamo il tono

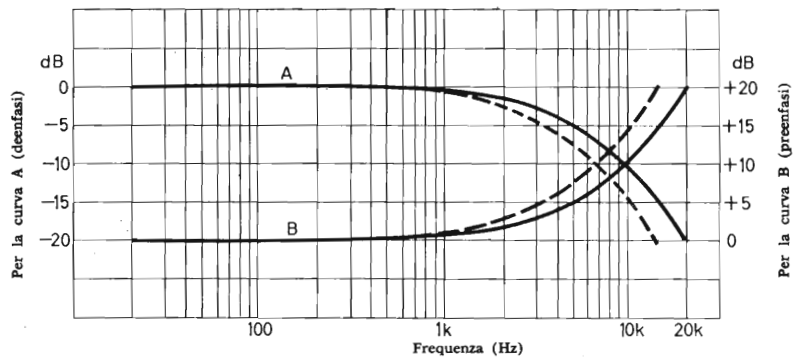


Fig. 5.10 Pre-enfasi e de-enfasi. In questo diagramma, per il quale devo ringraziare il mio collega John Earl, la linea continua rappresenta la deenfasi standard di 50 micro secondi, quella tratteggiata la deenfasi di 75 microsecondi (americana). Le frequenze di modulazione più alte vengono enfatizzate al trasmettitore per eliminare le componenti del rumore d'alta frequenza, ed al ricevitore bisogna « confezionare » un'immagine speculare della risposta.

Alcuni esperimenti fatti dalla BBC hanno dimostrato che una preenfasi di 75 microsecondi può introdurre distorsioni, pertanto la Gran Bretagna ha optato per lo standard più modesto, ma forse più puro, di 50 microsec.. Potrebbero sorgere quindi dei problemi per gli acquirenti di prodotti americani o giapponesi che hanno costanti di tempo diverse. La soluzione più semplice, in tutta franchezza, consiste nell'esaltare un po' gli acuti sull'amplificatore, tuttavia per modifiche più dettagliate bisognerebbe studiare bene lo schema elettrico, caso per caso, e ricorrere ai consigli del fornitore — se poi l'apparecchio è stato preso in qualche grande magazzino potete considerarvi sfortunati!

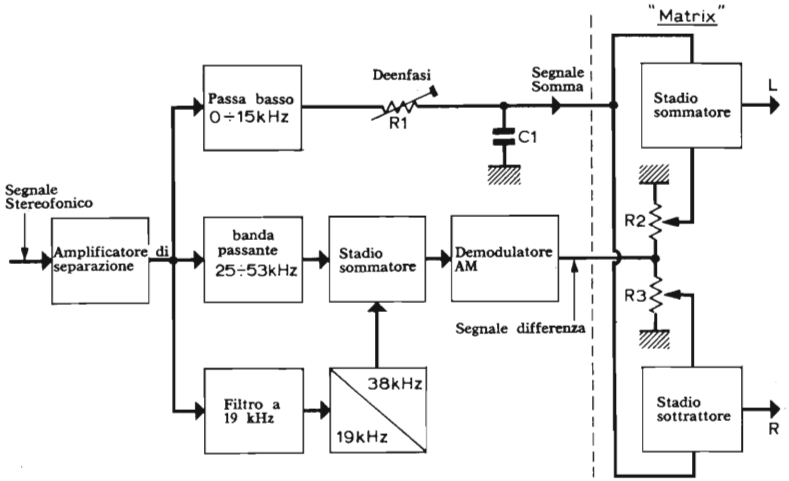


Fig. 5.11 Il sistema matrix consiste nel filtrare il segnale dopo che esso è stato demodulato e nella sua successiva elaborazione attraverso tre percorsi diversi per la decodifica del canale destro e quello sinistro.

pilota a 19 KHz e poi le bande laterali di valore superiore e inferiore alla sottoportante soppressa a 38 KHz.

Nel decodificatore matrix c'è la possibilità di effettuare un processo inverso — invertendo la procedura al trasmettitore (o al suo codificatore) dopo avere prima reso nullo l'effetto della pre-enfasi, per poter ricevere l'informazione stereo.

In definitiva un decodificatore matrix assomiglia al sistema di Fig. 5.11. L'uscita del sintonizzatore (o tuner) viene frazionata da tre filtri, prima del processo di de-enfasi. Uno di questi filtri estrae il tono pilota di 19 KHz, che essendo modulato solo al 10%, richiede una certa cura nel progetto del filtro. Questo tono viene mandato ad un duplicatore di frequenza, in modo da ricostruire la sottoportante a 38 KHz precedentemente soppressa.

Il secondo filtro seleziona il segnale L + R, quello mono effettivo, e lo manda al matrix. Le bande laterali, amplificate precedentemente in ampiezza sulla sotto-portante da 38 KHz, vengono indirizzate ad un demodulatore bilanciato.

I problemi che sorgono qui sono quelli relativi alla costruzione di un buon filtro con una banda passante di 23-53 KHz,

nonché la costruzione di un oscillatore da 38 KHz che mantenga fisse fase e frequenza del tono pilota.

In questo settore è stato fatto molto lavoro e parleremo tra breve del circuito a fase fissa.

La portante ricostruita viene mandata al demodulatore bilanciato e si ottiene il segnale L — R.

I problemi di progettazione sono grossi e commercialmente poco abbordabili, sebbene ci siano stati dei tentativi molto promettenti da parte di qualche amatore, il quale non ha chiaramente problemi di tempo e di lavoro.

Nel giro commerciale vengono usati regolarmente i decodificatori di tipo « switch », i quali non necessitano di filtri sofisticati e di tolleranze strette nella risposta in fase.

Un altro inconveniente del progetto di un matrix sta poi nella maggior attenzione che si deve fare per il controllo e la taratura del sistema.

I circuiti a fase chiusa

Sarebbe da ottusi, parlando di sintonizzatori stereo, non menzionare i circuiti a fase chiusa (o sincronizzata) costruiti oggi nei circuiti integrati selettori di frequenza, che vengono usati in molte applicazioni in cui si fa uso dei filtri, demodulatori o si debbono elaborare dei segnali.

Il concetto, lungi dall'essere nuovo, è stato proposto intorno al 1930, ma fu usato in qualche rara occasione e solo per applicazioni limitate e specifiche. La Fig. 5.12 mostra un disegno indicativo. Esso consiste di un comparatore di fase, un filtro passa basso, un amplificatore d.c. e un oscillatore controllato in tensione.

Consideriamo un segnale sinusoidale. Immaginiamo che il VCO (voltage controlled oscillator) abbia la stessa frequenza (come dovrebbe essere, in teoria). Quello che ci interessa è di avere una certa precisione di fase, perché, come abbiamo già rilevato, le differenze di fase sono le grosse seccature dei sistemi di decodifica — e, va detto qui, non sono dovute necessariamente alla cattiva progettazione del decodificatore, ma possono originarsi nel sintonizzatore per riflessione, e, se l'antenna è mal fatta, peggiorare di molto la ricezione!

Il segnale sinusoidale d'ingresso viene confrontato con l'uscita

dell'oscillatore a tensione controllata, e la variazione di tensione così ottenuta risulta proporzionale alla differenza di fase fra questi due segnali.

Dopo essere stato filtrato, questo scarto di tensione viene amplificato e applicato all'oscillatore controllato in tensione. La sua azione è quella di « avvicinare » la frequenza del VCO a quella del segnale che entra e, nel fare ciò, correggere ogni differenza di fase tra i due.

Quando i due segnali sono coincidenti vuol dire che non c'è alcun errore di fase. La frequenza variabile del VCO viene ora aggiustata in modo che si avvicini il più possibile a quella del segnale d'ingresso aspettato. Questo accomodamento avviene con continuità, al variare delle frequenze, in modo che il VCO possa « tracciarlo » e bloccarsi in sincronismo.

Da ciò si può vedere come il PLL, una volta fissato, si comporti come un filtro traccia-segnali. Nel caso del segnale f.m., l'uscita demodulata diventa la tensione di controllo « nuda e cruda », e siccome questa è a bassa frequenza, non ci sono grossi problemi per mandarla al comparatore.

Siccome la frequenza del segnale d'ingresso sarà sempre costante a 10.7 MHz, frequenza questa internazionalmente riconosciuta per essere usata come frequenza intermedia dei ricevitori f.m., la progettazione consiste nel selezionare i componenti con una certa cura, per assicurare una risposta in frequenza costante, un certo intervallo di tracciamento, nonché, come è giusto aspettarsi, l'adattamento del guadagno.

L'ampiezza del segnale d'ingresso va limitata (prerogativa questa di tutti i sintonizzatori di un certo livello) e uno dei com-

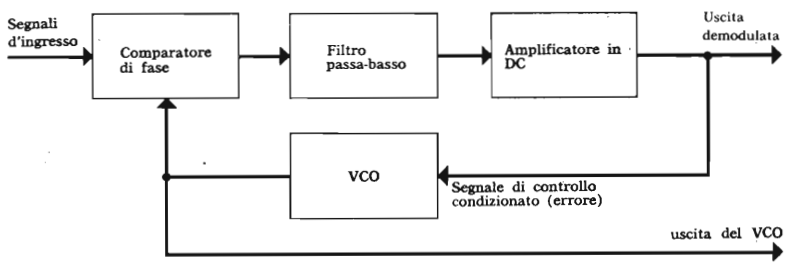


Fig. 5.12 Schema a blocchi di principio di un circuito a fase fissa. Lo scopo è quello di mantenere le relazioni di fase, e in f.m. esso viene utilizzato sia per gli stadi di media frequenza che per il decodificatore.

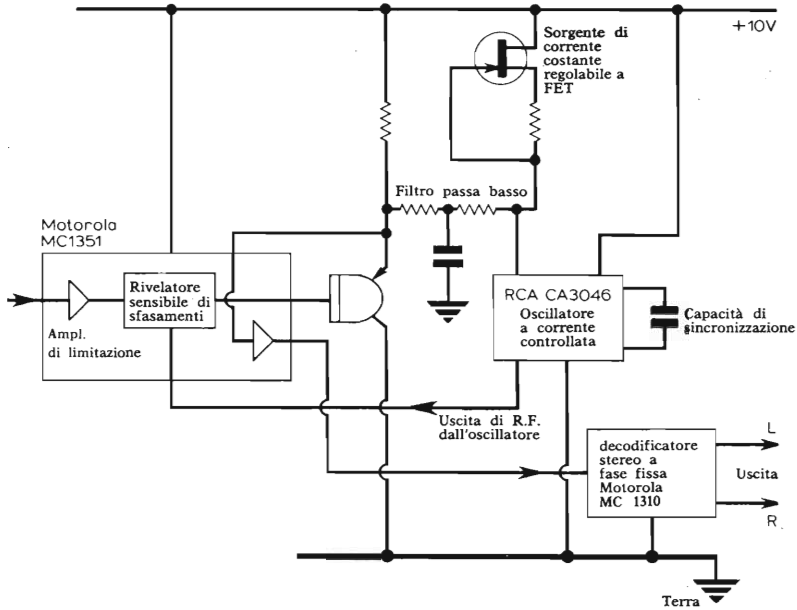


Fig. 5.13 Schema a blocchi di un ricevitore radio stereofonico in f.m., con il « front end » lasciato alla scelta del costruttore. Il progetto, pubblicato su Hi-Fi News, è di John Linsley Hood.

piti del filtro passa basso posto dopo il comparatore è quello di rimuovere qualsiasi traccia di altre frequenze spurie innescate per interferenza.

Anche la banda passante del segnale utilizzato dipende dalla bontà del filtro, e anche se può sembrare strano questa parte apparentemente poco importante del circuito può essere causa di perdite in alta frequenza, di riflessione del rumore e di distorsioni.

La sintonia non dipende di solito dalla scelta del filtro, ma può diventare un elemento critico se varia la tensione d'alimentazione o se la qualità del filtro è scadente per la scelta di capacità a trimmer di poco prezzo.

In seguito all'enorme sviluppo dei circuiti integrati e delle tecnologie relative, è possibile essere aiutati e consigliati dalle maggiori industrie di semiconduttori.

Mentre scrivo, mi trovo tra le mani il progetto di John L.

Linsley Hood per un sintonizzatore stereo che sfrutta i circuiti a fase completamente fissa, il quale fa uso di un circuito integrato (IC) per l'amplificatore di media frequenza e il rivelatore di coincidenza, uno per la decodifica e un altro per l'oscillatore a tensione controllata; per le regolazioni e i controlli di media frequenza ci sono invece, sparsi qua e là, alcuni stadi discreti di immagazzinamento o « buffer » (*).

Sebbene tale progetto sia ancora da sviluppare, credo che essa sarà già pubblicato per l'uscita del libro, quindi non penso che qualcuno possa arrabbiarsi per queste dichiarazioni — in ogni caso John mi ha dato il permesso di scriverlo fornendomi anche dettagli molto preziosi.

La bellezza di tali progetti, come ho potuto constatare io stesso nel mio lavoro, sta nel fatto che si possono usare unità di sintonizzazione abbastanza economiche, purché il segnale radio sia tale da mantenere alto il rapporto segnale-disturbo.

I sintonizzatori stereofonici

Anche se ciò va oltre i limiti di questo libro, la progettazione di sintonizzatori f.m. ha subìto negli ultimi due anni cambiamenti tali che l'argomento merita alcune righe. In particolare i diodi al silicio a capacità variabile sono oggi largamente usati in questo campo, anche perché è facile trovarne di quelli con un alto rapporto di capacità minima/massima. Tale rapporto deve essere alto per ovviare alla capacità parassita del circuito e per facilitare la sintonia: non c'è più bisogno di usare induttori sintonizzati o dei poderosi metodi per eliminare le frequenze parassite, perché le induttanze sono ormai sorpassate.

In aggiunta a ciò, ci sono i filtri ceramici che hanno risolto il problema dei circuiti accordati per le medie frequenze. E i circuiti integrati stanno dilagando, facendo pensare che presto scompariranno dal sintonizzatore gli stadi di tipo discreto. Il che rende molto più importante la progettazione iniziale.

Se mi avete seguito fin qui vi sarà capitato di sorridere per certi miei sottintesi. Ovviamente il segnale che arriva, sia esso

(*) N.d.t. - Per *buffer* si intende generalmente un amplificatore usato dopo uno stadio critico di un circuito per proteggerlo da effetti di variazione dell'impedenza di carico negli stadi adiacenti.

stereo o mono, può essere elaborato dallo stesso sintonizzatore, non credete? Dopotutto la compatibilità consiste proprio in questo! Tuttavia ho già dato nei paragrafi precedenti una indicazione da cui si capisce perché la ricezione stereo è più difficile di quella mono.

Ricordate l'osservazione relativa al tono pilota modulato al 10%? Bene, il bandolo della matassa sta proprio lì. Se posso citare il mio esimio collega Gordon J. King da una sua rassegna di otto sintonizzatori stereo presentata sul numero del giugno 1973 di Hi-Fi Sound, « *...in stereofonia per ottenere un rapporto S/N + D di 30 dB ci vuole un segnale d'ingresso dieci volte superiore a quello mono* ».

Rapporto S/N e sensibilità

S/N (Signal/Noise) sta ad indicare il rapporto segnale-rumore; per causa sua coloro che prima si gustavano la ricezione mono con il proverbiale « pezzo di filo bagnato » si lamentano oggi che la stereofonia non è utilizzabile a causa della perdita di colore, del rumore e del suono poco convincente.

Un segnale perfettamente adatto a saturare il vostro ricevitore mono, che sia in grado di discriminare rumore e interferenze esterne, e che vi permette di scegliere la stazione voluta da sola, senza sovrapposizione con altre onde radio, può essere invece poco sufficente per ricevere programmi stereofonici. Vediamo perchè.

Per fare ciò, faccio di nuovo ricorso a G.J. King; e precisamente al suo lavoro per la publicazione « HFS 1973 Annual », sempre con il suo beneplacito. Ci sono quattro fattori che ci interessano qui: sensibilità, rapporto segnale-disturbo, selettività e rapporto di cattura. I primi due sono strettamente legati fra loro (infatti, è proprio perché ciò non avviene che può capitare di leggere specifiche poco attendibili: ma questo è un mio cruccio personale).

La sensibilità, per dirla in breve, è la tensione di ingresso ai morsetti dell'antenna necessaria per produrre, dopo la demodulazione, una uscita stabilita. Ma quello che conta è la condizione sotto cui si effettua tale misura: la sensibilità espressa in questo modo, può essere molto alta in valore assoluto. Maggiore è la sensibilità, maggiore è l'amplificazione e, sfortunatamente, maggiore il rumore.

Se provate ad entrare in una discoteca vi accorgerete che il valore del loudness (cioè della sensazione sonora) non ha alcun legame con la qualità di riproduzione sonora.

Il « quieting » (*)

Perché un tuner sia ben proporzionato ,bisogna che la sensibilità e il rumore obbediscano a certe regole precise.

Alcuni costruttori impostano tale fatto in termini di « quieting ». Vedi Fig. 5.14(a). Al crescere del livello d'ingresso trasmesso, il rumore di sottofondo dovrebbe descrescere. Nel nostro caso il quieting potrebbe essere di 30 dB per un ingresso di 5 microvolt.

Ma le cose in realtà stanno diversamente: può capitare di trovare il livello 0 dB riferito al segnale di modulazione, invece che al massimo rumore in assenza di segnale.

Nella scelta di un sintonizzatore, controllate sempre il valore di soppressione (quieting) migliore in corrispondenza del più basso livello d'ingresso dell'antenna. Così, per esempio, la Fig. 5.14(a) non dà esattamente il rapporto segnale-disturbo, perché non tiene conto della modulazione.

Passando alla Fig. 5.14(b), la curva fa vedere come per un dato livello d'accensione stereo, cioè il livello utile per poter trattare un segnale stereo, possa accadere di trovare differenze consistenti tra i livelli d'uscita.

Molti sintonizzatori sono dotati della commutazione stereo automatica e quando viene attivato il decodificatore il rumore aumenta sensibilmente. Nell'esempio suddetto c'è una differenza di livelli di 10 dB; nella pratica si può arrivare anche a 20 dB. Per essere più specifici: nella Fig. 5.14(b) per un ingresso d'antenna di 5 microvolt abbiamo un rapporto di sopressione di 30 dB nella posizione mono, mentre passando alla situazione stereo, per lo stesso ingresso il rapporto vale solo 10 dB. Per avere un « quieting » di 30 dB in stereo, ci vorrebbero almeno 25 microvolt in ingresso.

In stereo, il rapporto segnale-rumore è peggiore rispetto alla situazione mono, a causa della presenza del tono pilota, come si è già detto. C'è un problema meno ovvio, ovvero il residuo della sottoportante: il tutto è aggravato dalla necessità di mantenere una banda passante abbastanza larga. In generale più la banda è stretta, meno rumore c'è.

(*) N.d.t. - Questo termine traducibile letteralmente come « soppressione » sta ad indicare il segnale d'ingresso minimo per cui il rapporto S/N in uscita non supera un valore prefissato.

Effetto del rumore

Dato che stiamo parlando di rumore, tralasciando i ronzii non eliminabili, diamo un'occhiata alle curve di Fig. 5.15(a) e (b).

Nella prima, la curva A corrisponde all'uscita audio, quella B al ronzio più il rumore in assenza di modulazione. Ciò rende la curva B simile alle precedenti curve di « quieting », a parte il fatto che ora il livello di rumore in assenza di segnale d'ingresso viene riferito a — 30 dB e non a 0 dB. In altre parole, l'uscita vera e propria del tuner viene riferita a 0 dB. Ciò è molto più vicino alla realtà.

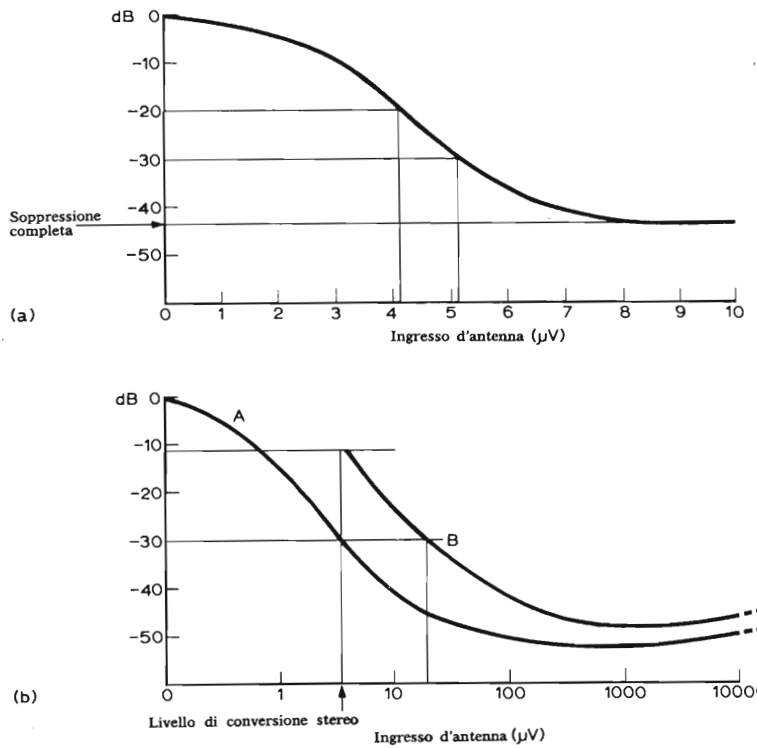


Fig. 5.14 (a) Un metodo semplice per spiegare la dipendenza del « quieting » di un sintonizzatore F.M. dalla sua sensibilità, e (b) come un segnale codificato stereo può introdurre rumore.

Sappiamo tutti che non sempre si modula al cento per cento. Se 0 dB corrisponde a una modulazione del 100% e se è vero che la curva tratteggiata di Fig. 5.15(a) sta intorno ai 52 dB, ovvero 62 dB meno 10 dB sottratti per avere l'effetto stereo, allora possiamo avere un'idea precisa della situazione.

Tuttavia le specifiche non dichiarano sempre questi dettagli, quindi è bene che l'acquirente faccia attenzione ai dati tecnici del suo apparecchio! Se non viene dichiarata la percentuale di

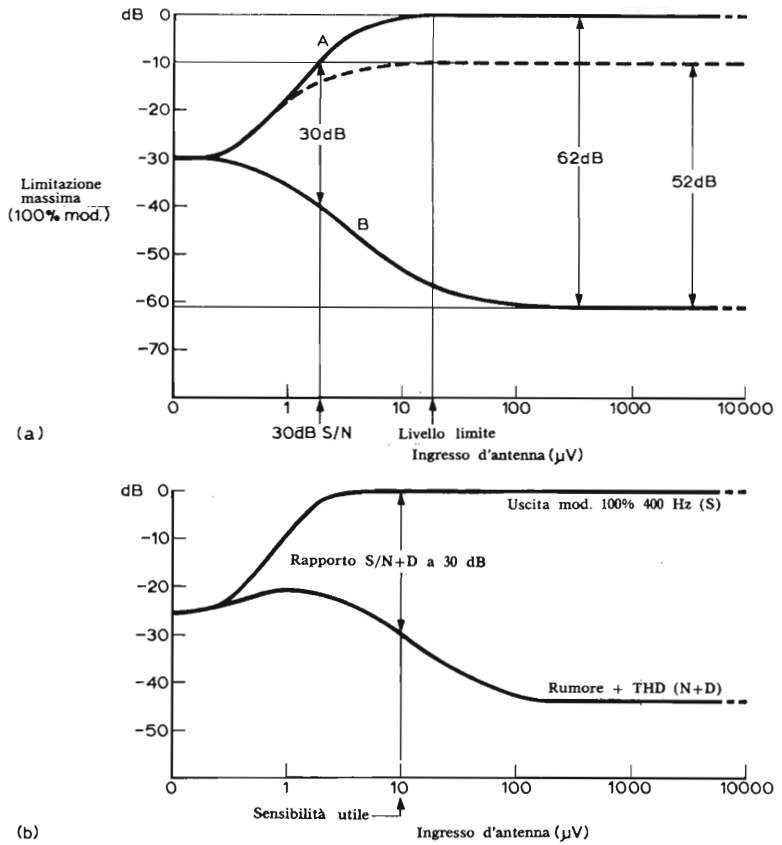


Fig. 5.15 (a) Curva limite per una modulazione al 100%, e (b) espressione della sensibilità IHF utile, la quale dà un'idea più realistica dell'uscita in rapporto al rumore e alla distorsione.

modulazione (o deviazione), aspettatevi il peggio — fate conto che ciò voglia dire un rapporto S/N — D al 100% di modulazione, cioè una deviazione di ± 75 KHz.

Osservando meglio le curve si vede come la curva A cresca al crescere dell'ingresso di antenna, indipendentemente dalla percentuale di modulazione, fino al punto in cui non può più crescere; tale livello va considerato come il valore limite.

Sulla curva A questo valore limite viene raggiunto quando il segnale di ingresso vale 20 microvolts. Come per ogni altra cosa, anche la scelta di un sintonizzatore richiede alcuni compromessi. Se vogliamo ricevere segnali lontani (cioè deboli), allora siamo interessati alle curve che « separano » più rapidamente, ovvero che raggiungono il limite molto presto.

Di tale sintonizzatore, opportunamente specificato, si potrebbe dire che possiede un rapporto segnale-disturbo, riferito a una modulazione del 100%, con 2 microvolts in ingresso, di 30 dB. Il costruttore direbbe sicuramente « Sensibilità: 2 V », senza aggiungere altro. In effetti così suona meglio, e il dato non può essere confutato in alcun modo.

Volendo andare un po' più a fondo, bisogna considerare la « sensibilità utile IHF », basata su criteri più seri. La curva B della Fig. 5.15(a), per esempio, può essere attribuita ad un ingresso non modulato. La modulazione viene tolta lasciando solo il residuo armonico totale più il rumore. In realtà la curca IHF è ricavata da una lettura al 100% a 400 e 1000 Hz, riferito poi a una curva del rapporto segnale/rumore + distorsione, come in Fig. 5.15(b).

In assenza di ingresso, la curva in basso della figura è costituita solo da rumore (durante queste prove il ronzio viene eliminato con un filtro passa alto). Quindi potremmo affermare in tutta onestà che in questo diagramma la sensibilità utile è ben lontana dagli standards attuali, dove 2 V « veri » diventano tranquillamente 10 V, valore che ha molta più presa sull'acquirente.

Il segnale fedele

Tutto questo ci riporta, alla fine del capitolo, all'argomento che per avere un buon segnale via aria, è consigliabile avere un buon segnale ai morsetti dell'antenna del vostro ricevitore.

A questo scopo la BBC ha recentemente cambiato in alcune

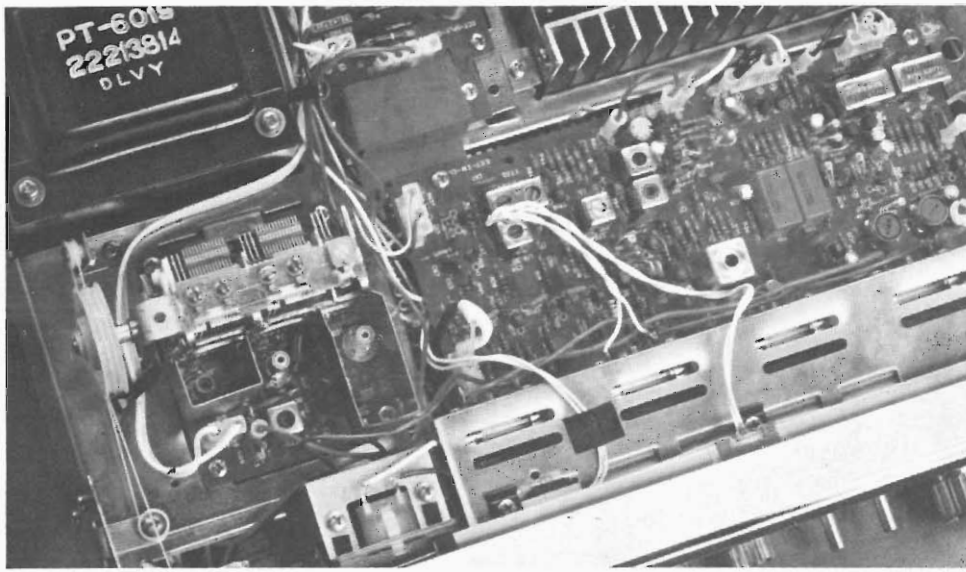


Fig. 5.16 L'interno di un moderno sinto-amplificatore. La tendenza attuale è quella di stipare ogni cosa in uno chassis, ma quello che colpisce di più nella foto è il percorso seguito dalla fibra ottica che trasmette la luce al sistema di visualizzazione di sintonia.

stazioni radiofoniche locali il modo di trasmettere a polarizzazione orizzontale in quello a polarizzazione obliqua.

Facendo in modo che il campo elettrico del segnale trasmesso dall'antenna formi un angolo di 45° con la direzione verticale e orizzontale, la miglior ricezione si ottiene con antenne a elementi verticali, o con antenne inclinate leggermente come quelle delle radio portatili o delle autoradio.

Le antenne verticali e orizzontali sono ancora adatte a ricevere questi segnali polarizzati obliquamente, tuttavia si può affermare in generale che la ricezione migliora sempre direzionando l'antenna. Se avete sul tetto una antenna esterna la sua efficienza di ricezione per segnali polarizzati obliquamente si abbassa di qualcosa come 3 dB, ovvero del 70% circa, rispetto ad un segnale a polarizzazione orizzontale.

La BBC si è data molto da fare per allargare il numero delle

sue stazioni che trasmettono in stereofonia, anche se le maggiori « cure » sono rivolte agli spettatori della televisione.

Buona parte dei programmi della Radio 3 sono trasmessi in stereofonia, anche se non sempre è possibile ricevere in stereo, almeno finché non ci capita di essere dentro l'area di trasmissione di un trasmettitore stereofonico.

La creazione del segnale stereo richiede grosse modifiche tecniche al trasmettitore, e possiamo solo sperare che l'opportunità di miglioramenti si presenti quando ci sarà da modificare il metodo di trasmissione stereofonica.

Le modifiche alle apparecchiature di controllo principali, alle consolle, ai giradischi, ai registratori a nastro e alle unità di trasmissione esterna, vengono effettuate gradualmente.

La modulazione ad impulsi di codice

Tra i possibili miglioramenti che si possono fare c'è quello che consiste nel collegamento fra le varie stazioni, in modo che i programmi prodotti in un posto possano essere trasmessi altrove.

In questo modo sarebbe possibile irradiare contemporaneamente in tutto il paese una trasmissione della Royal Festival Hall.

Uno dei progetti che stanno in cantiere è quello che sfrutta la modulazione ad impulsi di codice ad altissime frequenze (s.h.f., super high frequency).

Questo sistema, sviluppato dalla BBC, può portare dieci circuiti audio, o cinque sistemi stereo, e dovrebbe essere in grado di allargare la banda passante disponibile, limitata attualmente dalle limitazioni delle linee a terra oltre che migliorare il rumore.

La modulazione ad impulsi di codice (PCM) divide il segnale trasmesso in un numero di periodi uguali tra loro e molto brevi. La BBC usa una frequenza dei campioni di 32.000 al secondo, e per ognuno di questi viene effettuata una stima dell'ampiezza.

Il metodo di stima usa procedimenti digitali. Vale a dire, il campionatore ridà al proprio sistema di controllo un 1 o uno 0, a seconda della presenza o dell'assenza, in un dato istante, di un impulso.

Il segreto dell'alta qualità ottenibile sta nell'uso di intervalli di tempo molto brevi. Usando per ogni campione tredici cifre binarie, l'ampiezza di quel campione può essere scomposta in una successione di 2^{13} (ovvero 8192) informazioni diverse.

Il collegamento di una singola radio porta via 13 canali, dei quali solo due necessari per ogni trasmissione stereo. La distanza non è un elemento che contribuisce a degradare il segnale, come avviene con le linee di trasmissione o con metodi simili, che necessitano di un trattamento analogo e hanno bisogno di essere amplificati strada facendo.

In questo modo la risposta in frequenza e il rapporto segnale-rumore dovrebbero essere — in teoria — gli stessi per tutti i trasmettitori.

In pratica

Per quanto grandi siano gli sforzi fatti dalle organizzazioni come la BBC, rimane il fatto che il segnale che arriva al vostro ricevitore sarà tanto migliore quanto più ve lo permette la vostra antenna. Se ricevete bene i programmi mono ma non riuscite ad ascoltare in stereo in modo soddisfacente la ragione sarà, quasi sicuramente, l'inadeguatezza del vostro sistema d'antenna. Questa potrebbe aver bisogno di stare più in alto, di essere « rinforzata » con altri elementi, forse di essere orientata nuovamente o, al limite, potrebbe anche non essere compatibile col vostro sintonizzatore!

Quest'ultima affermazione potrà sembrarvi illogica, ma lasciatemi dire, come ingegnere che esercita la professione, che mi capita di vedere anche troppo esempi di antenne non compatibili e di sintonizzatori usati male, e i proprietari maledicono sempre il negozio dove hanno comprato l'apparecchio, invece di compatire se stessi. La morale è che bisogna sempre rivolgersi ad un rivenditore competente.

Tuttavia, se siete fra quelli che hanno effettuato l'acquisto con un ordine postale, o presso quei grossi magazzini che fanno appena in tempo a consegnarvi la merce imballata sul banco e passano subito ad un altro cliente, lasciatemi chiarire bene due trucchi ovvi.

Primo, l'ingresso per l'antenna. Alcuni prodotti americani,

giapponesi e qualcuno europeo hanno quasi sempre la possibilità di applicare antenne da 300 Ohms.

Le antenne sono di solito di piattina larga, le cui estremità stanno ciascuna ad uno dei terminali dell'avvolgimento di un trasformatore, mentre la spina centrale di questo trasformatore è attaccata a massa, o allo chassis. Da qui la denominazione di « ingresso bilanciato ».

Il cavo coassiale da 75 ohms è, invece, « non-bilanciato », perché la calza esterna è connessa direttamente allo chassis.

Per modificare il vostro tuner ad ingresso bilanciato in modo da usarlo con tale cavo basta collegare il filo interno del cavo ad uno dei morsetti da 300 ohms e la treccia esterna alla presa di terra del vostro sintonizzatore — se c'è —. Se non c'è la presa terra, non dovrebbe essere difficile fissare la calza, con una vite lì vicino, su un punto qualsiasi dello chassis. Ciò non sarebbe corretto, dal punto di vista tecnico, ma è senz'altro meglio di prima se dovete ricevere un segnale stereo.

In secondo luogo — la de-enfasi —. Come mostrato in Fig. 5.6, il segnale trasmesso viene pre-enfatizzato per mantenere il rumore basso, facendo in modo che si ricevano ancora le alte frequenze. Perciò la ricevente è dotata di un circuito che effettua l'opportuna de-enfasi. Il guaio è che dall'altra parte dell'Atlantico la de-enfasi dei tuner, o di quelli progettati per essere venduti lì (per lo più giapponesi), è di 75 μS, mentre in Gran Bretagna, è stata scelta una de-enfasi di 50 μS.

La modifica del tuner per ovviare a questo inconveniente può essere fatta presso qualsiasi rivenditore qualificato — ma non aspettatevi che lo faccia per niente. D'altra parte se vi ha venduto un tuner con la de-enfasi non corretta è obbligato a metterla a posto.

Morale del discorso, lo ripetiamo, scegliete con cura il rivenditore.

Ci sarebbero molte altre cose da dire a proposito dei sintonizzatori di altissima frequenza.

Il rapporto di cattura, il controllo automatico di frequenza, il « quietening » (da non confondere col quieting da noi trattato), e altri dettagli simili sono trattati nel posto giusto, ovvero nel mio precedente libro *Radio Technician's Bench Manual* e in quello di John Earl *Tuners and Amplifiers*, pubblicati entrambi dalle edizioni Fountain. Comunque guardate anche il capitolo 8 dove si parla di alcune specifiche che trattano questi argomenti.

6. Stereoacustica

È praticamente impossibile « esaminare il bosco senza soffermarsi su alcuni dei suoi alberi ». La resa della stereofonia dipende molto da come trasduttore e area d'ascolto sono combinati tra loro: in particolare da come l'altoparlante si adatta alla stanza o le cuffie alle vostre orecchie.

Suppongo che un giorno dovremo aggiungere a tale breve lista la possibilità di trasmissione telepatica, senza che l'effetto dell'ambiente vero vada perso durante la trasmissione dalla sala da concerto ai sensi; per adesso dobbiamo accontentarci delle nostre orecchie.

In questo capitolo esamineremo alcuni dei modi in cui il suono le raggiunge, come l'effetto stereo intervenga a cambiare le impressioni d'ascolto e, con un po' di fortuna, come dobbiamo scegliere l'impianto che meglio si adatta alla nostra situazione d'ascolto.

Condizioni d'ascolto

Bisogna cominciare dalla stanza vera e propria. Sappiamo tutti quale sia la differenza tra una stanza vuota e piena di echi, e il suono smorzato di un salotto arredato con divani e poltrone, specie se facciamo delle prove con lo stesso tono di voce. Anche un semplice tappeto sul pavimento può mettere in evidenza grosse differenze nella qualità tonale della stanza. E anche questo è un fatto noto; ma solo alcuni fra noi cercano di capire il perché di tale fatto.

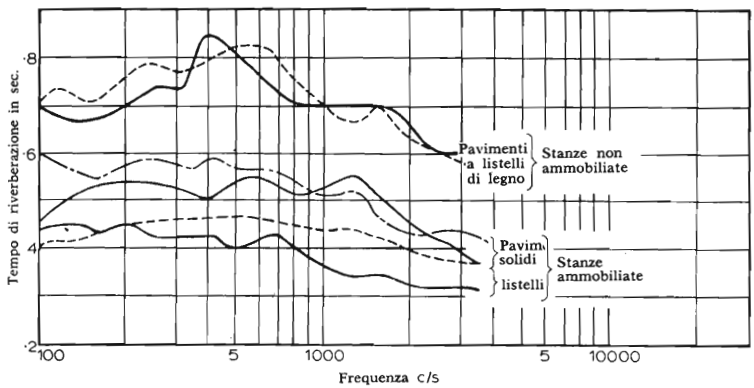


Fig. 6.1 Il tempo di riverberazione varia in funzione della frequenza sonora e del materiale con cui è costruita la stanza, oltre che del suo volume.

Il primo perché, fra l'altro, è il più ovvio, va ricercato nelle superfici dure del pavimento scoperto, del soffitto e dei muri, le quali fanno rimbalzare il suono come una palla in un campo di squash (*).

Il secondo, un po' meno ovvio, va ricercato nelle dimensioni della stanza, le quali determinano l'angolo e l'incidenza dei « rimbalzi » sonori — o echi — prima che questi raggiungono di nuovo le nostre orecchie; il terzo, cui non sempre viene data l'importanza che merita, consiste nella capacità assorbente dei materiali che compongono e arredano la stanza, che possono assorbire certe frequenze più di altre.

Una stanza che possa considerarsi acusticamente « buona » deve riuscire a fondere i suoni in modo da aumentare la sensibilità dell'ascoltatore. Come afferma James Moir, la sistemazione della stanza è spesso legata a « criteri empirici ».

I Greci capirono l'importanza della linea e della proporzione perfetta, e i moderni architetti, assistiti dal computer, hanno elaborato un insieme di proporzioni ideali per i fabbricati — proporzioni che le finestre Georgiane del Bagno rispettano pienamente (semplice coincidenza?) —; allo stesso modo noi pos-

(*) N.d.t. - Lo « squash» è un gioco praticato con racchette e palla in un campo recintato.

siamo affermare che, per una stanza che debba riprodurre il segnale stereo nel modo migliore esistono una forma e delle dimensioni « perfette ».

Non c'è nulla di magico in tutto questo. W. C. Sabine fece numerose ricerche sulla dimensione e la forma delle stanze e delle sale, ed è proprio del suo lavoro, modificato poi dai ricercatori successivi, che vogliamo brevemente parlare.

In generale: l'effetto complessivo di qualsiasi luogo chiuso (la stanza) sulla qualità del suono dipende dalla velocità con cui l'energia emessa dalla sorgente sonora viene assorbita dalle pareti della stanza. Un assorbimento scarso significa che per un certo tempo il suono continua a persistere, ovvero si forma il riverbero. Si formano quindi riflessioni multiple che rendono indistinto e confuso il suono originale.

Dall'altra parte, un alto assorbimento significa che il suono viene attutito.

Gli studi anecoici, come quelli usati per provare i diffusori, possiedono proprietà riflettenti trascurabili, cosicché tutto il suono viene assorbito. Vi posso assicurare che fa uno strano effetto cantare, o anche parlare, in tali condizioni, con tutti i suoni affievoliti. Tuttavia agli effetti delle misure tali sotterfugi si rendono necessari, ed è stato fatto molto lavoro per perfezionare e costruire camere anecoiche.

Il tempo di riverberazione

Sabine usava il tempo di riverberazione, che definiva come il tempo impiegato dal suono per arrivare ad un milionesimo della sua forza iniziale (per avere cioè una attenuazione di 60 dB).

Il tempo di riverberazione ottimale di una stanza è una funzione del suo volume complessivo e della sua forma particolare. La Fig. 6.1 mostra alcune curve che illustrano questo concetto, ma le modificazioni introdotte dai diversi materiali di cui sono fatti muri, pavimenti e soffitti, che hanno coefficienti di assorbimento diversi, rendono le equazioni di Sabine un po' differenti.

Se uno conosce i coefficienti d'assorbimento con una certa precisione, tanto meglio. Si può applicare la formula del tempo di riverberazione: $T = 0{,}16\ V/S\ a$, dove V è il volume della stanza

in metri cubi, S la superficie limite totale e a il coefficiente d'assorbimento medio.

La formula è stata modificata con l'aggiunta di un fattore — S (ln (1 — a)) al denominatore, perché si ritiene che l'energia sonora venga assorbita solo una volta ad ogni impatto con la superficie, e inoltre perché l'assorbimento non è un processo continuo.

Questa formula, dovuta e Eyring, riveste una grossa importanza ancora oggi.

Bisogna tener presenti anche le risonanze dei materiali presenti nella stanza, così come la formazione di onde stazionarie.

Più di un possessore di impianti d'alta classe non riesce a spiegarsi le prestazioni non proprio buone del suo impianto, tranne andare a verificare poi che la spiegazione del « rompicapo » sta proprio nella geometria della sua stanza, e nel fatto che tra due pareti parallele si formano le caratteristiche risonanze di mezza lunghezza d'onda.

Gli auto-toni o frequenze proprie

Quando ci sono grosse superfici parallele tra loro, il suono rimbalza avanti e indietro fra queste, e nel caso che i suoni riflessi siano in fase la stanza « si sintonizza » su quella particolare frequenza, esaltandola in modo affatto innaturale. Le stanze piccole hanno molte di queste frequenze proprie comprese nella gamma sonora dell'intervallo audio. In generale vale la regola: più grande è l'ambiente, meglio è — questo vale anche per gli altoparlanti.

Se muovendovi nella vostra stanza mentre ascoltate in stereo trovate delle zone di sensazione maggiore più marcate, la ragione, quasi certamente, è che si sono formate delle onde stazionarie in corrispondenza di frequenze critiche. Se non potete modificare la forma base della stanza allora bisogna che ricorriate ad altri sotterfugi, come una diversa sistemazione degli altoparlanti o l'uso di materiali assorbenti diversi, se volete che le cose migliorino.

Queste frequenze proprie, che non sono altro che le risonanze che si stabiliscono fra superfici parallele, sono tanto più evidenti quanto più le dimensioni della stanza si avvicinano a mezza lunghezza d'onda della frequenza incriminata.

La Fig. 6.2 fa vedere la relazione che c'è fra le dimensioni

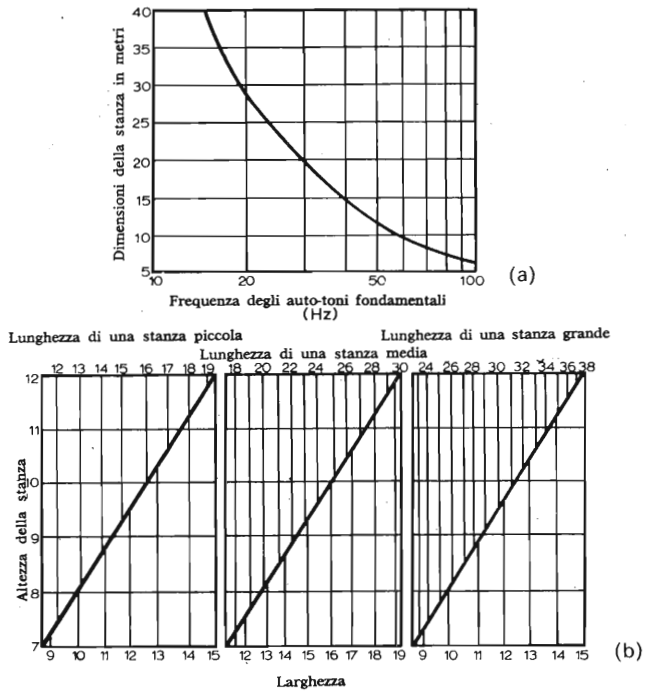


Fig. 6.2 (a) Relazione fra le dimensioni della stanza e le frequenze degli auto-toni e (b) un metodo per ricavare le dimensioni ottimali per una migliore distribuzione degli auto-toni. A partire dai valori dell'altezza si incrocia la linea obliqua e si legge in corrispondenza il valore proiettato delle altre dimensioni.

della stanza e il valore delle frequenze proprie fondamentali. Ricordate, tuttavia, che non esiste nessuna regola fissa e facile da applicare, in quanto la natura riflettente o assorbente delle superfici è causa di deviazioni da quanto detto.

Se proprio vogliamo stabilire delle regole generali allora dobbiamo prendere in considerazione i rapporti fra altezza, lunghezza e larghezza della stanza; il grafico di Fig. 6.2 (b) fornisce alcune regole base. Mi sento obbligato con John Crabbe, direttore di *Hi-Fi News*, che mi ha concesso di usare questi diagrammi e altri ancora, e inoltre mi è sempre stato d'aiuto sia per il reperimento del materiale fotografico che per i suoi preziosi consigli.

Forse non siamo tutti in grado di « costruire la casa in funzione dei diffusori » come consiglia John, tuttavia possiamo apportare, quando necessario, piccole modifiche alla forma e alle dimensioni della stanza.

I rapporti utili, stando ai suoi consigli e alla curva di Fig. 6.2 (b), dovrebbero essere, per una stanza piccola, di 1/1,25/1,6; di 1/1,6/2,5 per una stanza media e di 1/2,5/3,2 per stanze più grosse.

Ma bisogna sempre tener presente che queste configurazioni possono venire modificate sensibilmente dalle risonanze della stanza causate dai materiali impiegati, quindi vale sempre la regola: cambiate finché le vostre orecchie lo ritengono necessario — è ad esse che spetta il giudizio finale.

I diffusori per la stereofonia

Per quanto varie possano essere le dimensioni della vostra stanza, e per quanto essa possa risultare poco versatile, la ricezione della buona stereofonia dipenderà sempre dalla posizione (e dalla scelta) degli altoparlanti.

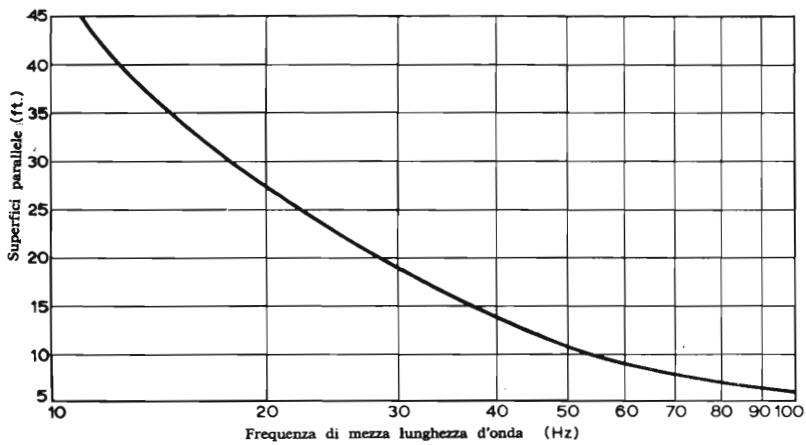


Fig. 6.3 Le risonanze della stanza possono essere abbastanza seccanti. Si ha una risonanza acustica ogni volta che la distanza tra pareti (o altre superfici) parallele ha un valore che è proprio mezza lunghezza d'onda del suono. Il grafico mostra la relazione tra queste distanze e la frequenza.

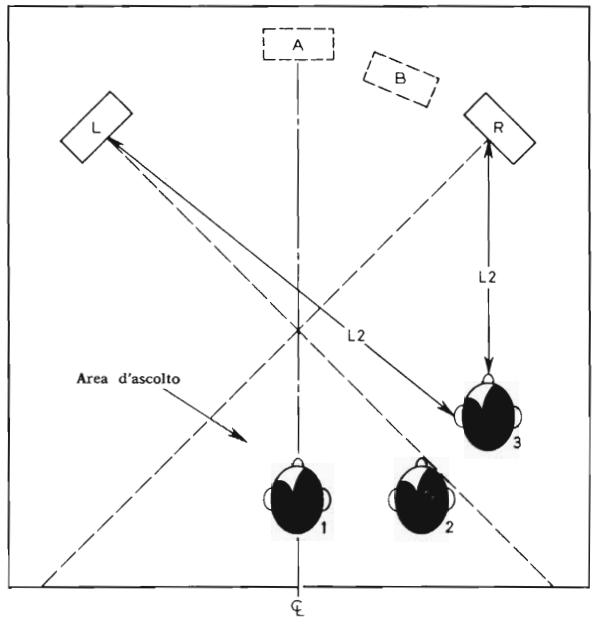


Fig. 6.4 Posizione d'ascolto e bilanciamento sonoro sono gli elementi essenziali per un buon ascolto stereofonico. Quando l'uscita dei diffusori è bilanciata l'ascoltatore situato nella zona grigia riceve un'immagine sonora centrata, (A) se si trova sulla linea centrale, come nella posizione I. Nella posizione 2, e in condizioni identiche, la ricezione dell'effetto stereo è ancora buona, mentre nella posizione 3 le lunghezze dei percorsi sonori relative a ciascun diffusore sono troppo diverse. Analogamente, se il canale destro prevale sul sinistro, l'ascoltatore centrale I riceverà un'immagine sonora spostata verso destra, come in B. Il bilanciamento è essenziale

Abbiamo visto nei capitoli precedenti come la lunghezza del percorso sonoro (e il fattore temporale) a partire dalla sorgente (gli altoparlanti, in questo caso) possa influenzare la nostra impressione di ascolto, specie quella relativa alla ricezione dell'effetto stereo.

Citiamo nuovamente l'emerito Mr. Crabbe: « L'obiettivo della stereofonia è quello di ricreare una situazione in cui i suoni provengono dallo stesso posto da cui arrivano nella realtà, anche se questo processo deve essere fatto con opportuni sotterfugi, per ovviare soggettivamente al fatto oggettivo che tutti i suoni ascoltati provengono in realtà da due altoparlanti soltanto ».

Noi accenneremo soltanto ai sistemi multi-canali, che verranno esaminati in un capitolo successivo.

Considerando la situazione stereo; si hanno due diffusori dai quali fuoriescono i suoni, opportunamente combinati da parte di persone con l'idea fissa della stereofonia.

Il canale destro e sinistro dovrebbero fornire quei segnali che, in condizioni d'ascolto normali, le nostre orecchie elaborano in modo da avere l'idea del « palcoscenico sonoro ». Buona parte di questa illusione su cui ci basiamo dipende dalla posizione dei diffusori dalle dimensioni della stanza e dal bilanciamento stereo.

La disposizione spaziale delle sorgenti sonore può dipendere dal bilanciamento, perché la direzionalità influenzerà sempre il segnale udibile.

La Fig. 6.4 mostra un ipotetico ascoltatore posto davanti ad una coppia di casse acustiche, il quale riceve segnali che variano con il bilanciamento stereofonico. La sorgente sonora apparente « si sposta » a seconda della forza del segnale. Ciò si può provare facilmente effettuando un esperimento con due segnali mono.

Se l'ascoltatore si trova esattamente sull'asse centrale egli riesce a sentire una buona stereofonia, ma appena si sposta da questa linea ideale egli sente la conseguenza dell'effetto di « precedenza », a causa del quale il tempo di arrivo di un segnale emesso prima di un altro dà una riproduzione falsata della sorgente.

La differenza tra il tempo d'arrivo di un suono di frequenza media a un orecchio e all'altro è di circa 0.6 millisecondi, quando l'ascolto avviene « sull'asse ».

L'apertura stereofonica

Un illuminante articolo di Hugh Brittain e D.M. Leaky, pubblicato nel 1956 su *Wireless World,* proponeva di usare diffusori ad effetto direzionale allo scopo di aumentare l'apertura del suono stereofonico. Oggi questa è la procedura più seguita, anche se all'inizio furono sollevate molte contestazioni.

Si è già detto che l'orecchio umano non è « direzionale » sulle alte frequenze. Esso riesce a distinguere le varie sorgenti sonore sulle frequenze medie, sempreché non si facciano strani

scherzi col suono, ma alle alte frequenze il suono « schizza via » prontamente ed in un modo tale che bisogna fare molti sforzi per disperderlo.

Questo è uno dei motivi per cui oggi, nella progettazione di un diffusore, si suddivide la banda passante in più « vie » e si usa per ciascuna via un altoparlante adatto a riprodurre quella banda di frequenze. Il « woofer » tratta i suoni bassi, dei suoni di media frequenza se ne occupa il « mid-range », simile al woofer ma di dimensioni minori, e delle alte frequenze si cura il « tweeter ».

Le casse a due vie usano un tweeter e un woofer con caratteristiche tali da permettere loro di « trattare » un po' più di frequenze medie.

Il diffusore, completo, è rappresentato da un blocco unico, con circuiti di « cross over » posti fra i due o tre trasduttori che hanno il compito di separare e incanalare verso i vari altoparlanti le frequenze che questi possono utilizzare meglio. Lo scopo, naturalmente, è quello di arrivare all'effetto di « diffusore-singolo », che è praticamente impossibile da raggiungere.

L'« apertura » stereofonica può dipendere molto dalla scelta delle vie, dal filtro di cross-over e da come questi elementi sono « chiusi » nella cassa, oltre che dalla posizione.

Il diffusore

Nel mondo della stereofonia il diffusore gioca una parte essenziale.

Nessuna cuffia binaurale più o meno sofisticata e nessuna tecnica di « apertura sonora » che sfrutti metodi elettronici o elettrici è in grado di ricostruire la sorgente sonora nell'ambiente d'ascolto domestico come una coppia di casse acustiche. Con due casse — questo è il numero minimo — è possibile aggiungere al suono la direzionalità e con il trattamento stereofonico del segnale si può avere la profondità.

La parola « stereofonico » ha un'origine greca che significa « solidità » Essa non sta a significare semplicemente l'apertura sonora attraverso un palcoscenico immaginario. E sia la posizione che l'uso che si fa di un diffusore è determinante ai fini di una buona sensazione stereofonica.

Il lettore con più tendenza alla tecnica può studiare queste cose in maniera approfondita sul volume *Pickups and*

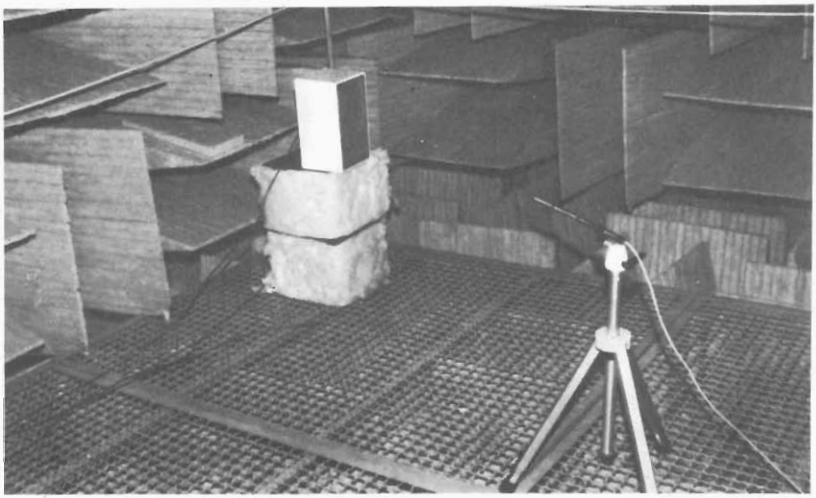


Fig. 6.5 I diffusori vengono provati in camere anecoiche ben « imbottite » allo scopo di evitare riflessioni sonori. Qui viene provata una DM 70 della Bowers e Wilkins.

Loudspeakers (Edizioni Fountain) di John Eearl, oppure su alcuni dei divertenti e ottimi testi di Gilbert Briggs, fondatore della Wharfedale.

Quando parliamo di diffusori, ci immaginiamo subito una « scatola » dalla quale fuoriescono i suoni richiesti. Per la verità alcune casse acustiche non sono molto più di questo, tuttavia la tendenza generale dei costruttori di diffusori è quella di cercare di coprire lo spettro di frequenze audio, di fornire la potenza necessaria e di fornire un prodotto finale elegante e ordinato.

Ma queste cose non sono tra loro compatibili: ben pochi altoparlanti trattano lo spettro di frequenze audio che compete loro nella maniera dovuta. Quindi è necessario progettare dei componenti che rispondano solo ad un intervallo di frequenze ristretto; e poi progettare dei dispositivi che siano in grado di selezionare l'intervallo relativo a cascun componente e alimentare quest'ultimo in modo opportuno, tenendo presente che gli altri componenti vanno protetti dalle frequenze non desiderate

Questo è quello che si chiama filtro di cross-over, una parte essenziale del diffusore ben progettato.

Infine c'è bisogno della chiusura del tutto, e questa fase contribuisce moltissimo alla qualità sonora della cassa, a seconda della forma, delle dimensioni e del materiale usato.

Tutte queste cose hanno la loro importanza, così come è importante la dispersione del diffusore rispetto all'ascoltatore e al resto dell'ambiente.

Progettazione di un altoparlante

Prima di parlare dei vari tipi di altoparlanti o dei loro pro e contro rispetto alla stereofonia, è bene rinfrescare un po' la memoria con alcuni richiami ai fondamenti: bisogna capire com'è che vien fuori un altoparlante e come si arriva poi al « sistema », che comprende il filtro di cross-over, l'alloggiamento così come viene fatto oggi, e la cassa vera e propria.

La maggior parte degli altoparlanti moderni sono del tipo a bobina mobile. Dai tempi di Rice e Kellog sono cambiati i materiali e, con loro, i metodi di sospensione del cono rispetto alla struttura principale dell'altoparlante; ma il principio è, fondamentalmente, lo stesso. Il cono comprime un certo volume d'aria che fa variare la pressione sonora della stanza, ed è aiutato nella sua azione dal movimento di una bobina che funge da pistone, la cui azione è determinata dalle variazioni di flusso del campo magnetico causate dal'interazione fra un magnete permanente e la bobina, la quale preleva un segnale variabile.

È importante che il movimento della bobina, e quindi l'impulso del cono, sia proporzionale al segnale.

Tra i veri problemi c'è quello connesso alla lunghezza della bobina rispetto alla cavità a forma di anello del magnete, per ottenere il migliore sfruttamento della corrente-segnale, e per evitare le distorsioni dovute ad effetti meccanici spurii, che si hanno quando la bobina non è immersa completamente nel campo magnetico. Esistono quindi due metodi base per la costruzione delle bobine, quello corto e quello lungo.

Di per sé la bobina può essere avvolta con filo sottile, o può anche essere costituita da un cordone di fili o da un circuito stampato arrotolato su se stesso. Tutti i metodi di costruzione tendono a limitare il peso.

Il tweeter, per esempio, che è il più piccolo tra le varie unità, può avere la bobina di cordone d'alluminio, proprio per ridurre i problemi legati al peso.

Tutte le bobine presentano una certa resistenza, ma quello che conta veramente nella fase di costruzione è soprattutto l'induttanza e quindi, di conseguenza, la sua auto-capacità.

La bobina è essenzialmente induttiva, quindi la sua impedenza cresce con l'aumentare della frequenza. L'altoparlante ideale dovrebbe avere, naturalmente, una reattanza costante all'uscita dell'amplificatore; ma questo non è praticamente possibile, cosicché i progettisti devono solo risolvere i problemi connessi alle variazioni di impedenza, cercando di mantenere quest'ultima sui valori più bassi. A questo scopo vengono impiegati vari dispositivi correttivi, come piastre polari sature magneticamente, protezioni di rame o differenti materiali per le bobine.

I pericoli connessi alla bassa impedenza

Da quando le uscite senza trasformatore hanno preso piede (favorite in questo dalla disponibilità dei semiconduttori e alimentate dalla possibilità di costi minori), gli amplificatori hanno cominciato a diventare più vulnerabili alle connessioni di bassa impedenza fra i morsetti d'uscita.

Più di un finale di potenza è finito sul banco di lavoro del sottoscritto perché il proprietario aveva giocherellato con le connessioni degli altoparlanti mentre l'apparecchio era ancora acceso — oppure, stateci attenti, subito dopo lo spegnimento ma non prima che le grosse capacità che forniscono l'uscita audio ai morsetti degli altoparlanti si fossero scaricate abbastanza.

Per fortuna i costruttori di amplificatori stanno imparando la lezione, tanto che esistono oggi due forme di protezione; una contro i corto-circuiti, o le bassissime impedenze in parallelo lungo l'uscita, e l'altra che difende da sovraccarichi. La protezione funziona in entrambi i modi, dal momento che quasi tutti i possessori di altoparlanti hanno scoperto a proprie spese che esiste un limite ai « colpi » violenti che i loro diffusori sono in grado di sopportare. E gli errori non consistono semplicemente nel collegare un altoparlante da 10 Watt ad un amplificatore da 20 Watt.

Stranamente, il pericolo non sta nel semplice spegnimento dell'apparecchio, anche perché è difficile che un amplificatore da 20 Watt lavori a quella potenza se non per brevi periodi, e l'altoparlante di solito è in grado di sopportarlo.

Il problema grosso sta nel fatto che la bobina può andare in

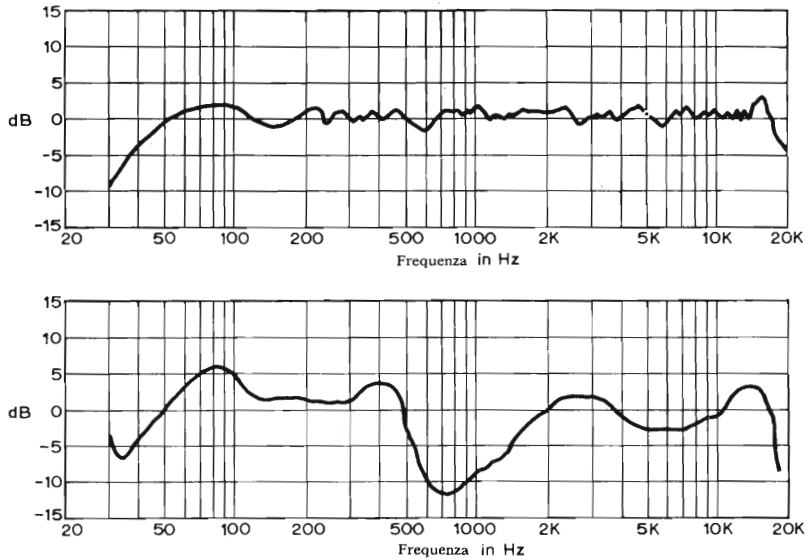


Fig. 6.6 La risposta in « pressione » di un diffusore in condizioni anecoiche (sopra) può essere molto diversa dalle misure effettuate in ambiente domestico (grafico sotto).

corto, bruciandosi, a causa delle altre frequenze presenti all'uscita, il che, a sua volta, dipende dalla poca stabilità dell'amplificatore.

Questo accade più spesso di quanto si possa pensare, e tranne che nelle prime fasi di ascolto faticoso, viene sempre trascurato dall'utente.

I tweeters sono quelli più soggetti ad avere delle perdite, quando vengono pilotati con frequenze alte e di alta energia. Data la loro piccola struttura e la sottigliezza del filo dell'avvolgimento, questi altoparlanti di alta frequenza sono i più delicati.

Il gruppo di cross-over

Siccome la ripartizione delle frequenze viene fatta da un gruppo di crossover, costituito da induttanze e capacità combinate in vario modo (vedi Fig. 6.7), è possibile che anche questa parte del diffusore a più vie possa rompersi.

La caratteristica del progetto del crossover è di presentare all'amplificatore una impedenza costante su tutta la gamma di frequenza. Siccome lo spettro audio va diviso in due o tre intervalli, la progettazione del circuito può essere veramente complessa.

Le formule relative dipendono dall'impedenza d'uscita dell'amplificatore e dall'impedenza (riferita a una frequenza nominale) dell'altoparlante. Queste ultime valgono, con riferimento alla Fig. 6.7:

dove f^c è la frequenza di crossover, ed R il carico nominale e la resistenza della sorgente.

Il grosso ostacolo in questo caso è che l'impedenza della sorgente è molto più bassa dell'impedenza di carico nominale. Per aumentare il fattore di damping (*) (o smorzamento) dell'amplificatore si cerca di tenere R il più basso possibile ai terminali finali del circuito di amplificazione. Il principio è quello di aiutare a smorzare tutte le oscillazioni che si originano per sovraccarico o per risonanza, quando l'altoparlante sia sottoposto a transienti. L'amplificatore si comporta come una specie di ammortizzatore, quindi più bassa è la sua impedenza d'uscita meglio è.

Tuttavia si capisce da quanto detto sopra, anche senza introdurre argomentazioni matematiche per sottolinearlo, che il compito del progettatore di un filtro di crossover (e quindi, in pratica, del costruttore di altoparlanti), è reso molto difficile dalla necessità di combinare in maniera opportuna l'altoparlante con l'amplificatore.

Si trova quindi che i costruttori che producono sia amplificatori che altoparlanti (Radford, per esempio) sono orientati verso progetti che possono sfruttare al meglio la combinazione dei loro prodotti. Pertanto la scelta degli altoparlanti va fatta soprattutto in base al tipo di amplificatori che si vogliono usare. Molti esperti sono d'accordo con me sul fatto che l'amplificatore di potenza e l'altoparlante dovrebbero formare, in teoria, un complesso unico, con in più, se necessario, le unità di controllo o il preamplificatore.

(*) N.d.t. - Il fattore di *damping* corrisponde al rapporto fra l'impendenza dell'altoparlante e l'impedenza interna dell'amplificatore.

I materiali e la preparazione

Ma che cosa ha a che fare tutto ciò con la stereofonia, si chiederanno i più critici fra voi. Uno dei punti più importanti è che la progettazione dell'altoparlante può risultare determinante ai fini dell'ascolto del suono, e la stereofonia comporta una « apertura » del suono. Cosicché eventuali imperfezioni nel progetto dell'altoparlante risulteranno moltiplicate dalla combinazione con le distorsioni introdotte dalla stereofonia.

È necessario quindi scegliere i diffusori con estrema cura; la conoscenza della loro costruzione, anche se non particolareggiata, può esserci d'aiuto per una scelta più accorta.

Uno degli elementi fondamentali è il materiale con cui è fatto il cono dell'altoparlante. Il cono, o membrana, accoppia i movimenti della bobina con l'aria esterna. Esso può essere di carta, di plastiche varie, di metallo o di qualsiasi lega, e ogni costruttore vanterà il suo prodotto come quello dalle caratteristiche veramente peculiari.

Tra i problemi che si presentano c'è quello della sospensione cui è attaccata la bobina, che grazie ad essa può muoversi comodamente nel campo magnetico; c'è la sospensione esterna tutt'intorno, e infine la forma stessa del cono, che deve essere tale da evitare danni quando deve lavorare sia con basse frequenze, che causano larghe escussioni della membrana, sia con le frequenze più alte, le quali richiedono movimenti più rapidi, anche se più piccoli.

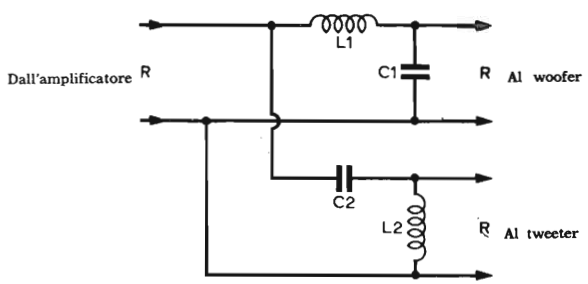


Fig. 6.7 Schema del circuito di crossover di un diffusore ad impedenza costante. Per i dettagli vedi il testo.

Alle alte frequenze, la parte centrale del cono tende a vibrare « in simpatia » col segnale, perché la sua massa efficace diventa più piccola. A frequenze basse si muove tutta la membrana, proprio come un pistone. Le frequenze di risonanze delle varie unità, così come le cause di rottura del cono, assieme a molti altri dettagli sono spiegati esaurientemente nel volume *Pickups and Loudspeakers* di John Earl. Tuttavia la mia conoscenza degli altoparlanti per la stereofonia, assieme alla esperienza acquisita nell'insegnare, provare, progettare e ascoltare mi hanno convinto che non esiste il metodo « migliore di tutti ».

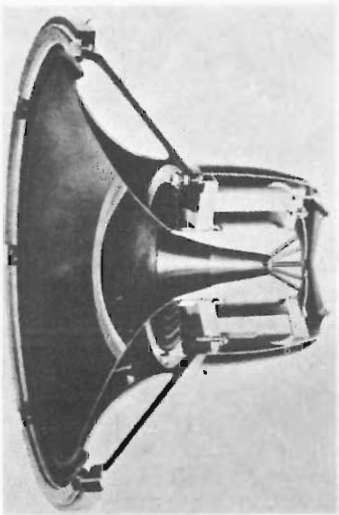
Esiste, comunque, un metodo che può definirsi il più adatto per una certa situazione. Per una qualsiasi stanza c'è sempre una combinazione opportuna altoparlanti/cassa/posizione che è quella ideale. Ci vogliono molte prove per riuscire a trovarla. Non sarà male quindi accennare ai materiali del cono e agli effetti che essi hanno sulla riproduzione, per concludere con alcune considerazioni sull'alloggiamento.

I coni ideali

Se fosse possibile costruire il diffusore ideale, questo dovrebbe poter trasformare gli impulsi elettrici che gli arrivano in pressione sonora e in variazioni di velocità dell'aria circostante, collegandoli alle pressioni esterne causate dalle limitazioni dell'area d'ascolto. Ciò implica la possibilità di avere un servo sistema ed un cono estremamente rigido simile ad un pistone.

Il modo migliore per avvicinarsi a tale situazione stando nella stanza di una casa qualsiasi è quello di disporre di un componente per i bassi a bobina mobile (non è necessario avere proprietà direzionali per una buona stereofonia alle basse frequenze) e di una unità elettrostatica per le frequenze più alte; e ciò nonostante nella pratica, diffusori some i Bowers & Wilkins DM70 che sfruttano proprio queste combinazioni, possono variare molto le loro caratteristiche a seconda delle condizioni d'impiego, risultando in molti casi ideali, in altri completamente insoddisfacenti.

Allo stesso modo i diffusori monitor, come quelli ottimi della Radford, della Rogers o della Ferrograph, non riescono a soddisfare le richieste degli ascoltatori domestici, soprattutto perché sono stati costruiti per essere usati in condizioni molto diverse



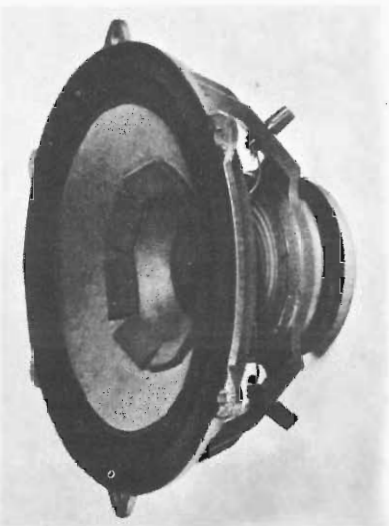


Fig. 6.8 (sinistra) Un altoparlante abbastanza famoso, il Monitore Gold della Tannoy in una sezione trasversale. Notate la forma curva del diaframma.

Fig. 6.9 Per eliminare le onde stazionarie Bowers & Wilkins hanno pensato di utilizzare dei sottili pezzi di plastica. Invece che di carta, il materiale costituente il cono è di fibra di vetro.

da quelle riscontrabili in un ambiente domestico. La qual cosa però non intacca affatto la loro indiscussa bontà; tutt'al più riguarda le condizioni in cui vengono fatti suonare.

I coni di carta furono molto popolari per parecchi anni, e hanno svolto il loro compito in maniera molto soddisfacente. Ma essi hanno il difetto di essere igroscopici: ovvero, assorbono i vapori umidi. La rigidità assoluta è impossibile da ottenere. L'altoparlante ideale dovrebbe avere un cono estremamente rigido ed una sospensione tutt'intorno anch'essa illimitata. Le plastiche moderne permettono di costruire coni identici e, cosa più importante, dalle caratteristiche identiche.

Sfortunatamente i coni duri e rigidi danno una risposta con molti picchi che, nel caso di altoparlanti grossi, può causare delle rotture in poco tempo.

Se pensate all'altoparlante come ad una superficie sulla quale si propagano gli impulsi sonori in proporzione alla loro lunghezza

d'onda (ovvero alla frequenza), risulta ovvio allora che per le frequenze più alte (lunghezza d'onda più corte) gli impulsi viaggiano più speditamente, andando dal punto in cui sono originati verso il bordo del cono, dove, a causa delle discontinuità presenti fra cono e bordo, vengono rimandati indietro. Questa azione tende a creare onde stazionarie e risonanze non volute, e per frequenze medio alte può accadere di veder rompere il cono.

C'è modo di ovviare a questi inconvenienti: usando materiali differenti per il bordo del cono vero e proprio, abbastanza rigido, e per il contorno che è invece molto flessibile, sagomando opportunamente il materiale per la congiunzione; oppure increspando il bordo del cono, un accorgimento familiare per molti utenti, e « drogandolo » con sostanze induritrici come la lacca, la quale fa da elemento di transizione fra la rigidità e la morbidezza; e per finire la scelta del materiale di cui è fatto il cono, per arrivare al miglior compromesso.

Nonostante i numerosi esperimenti fatti in questo settore, la carta rimane il materiale più usato. Ma anche gli elementi costituenti della carta hanno la loro importanza: il legno a fibre lunghe dà una carta con un alto smorzamento interno che fa perdere soprattutto gli acuti — tale materiale quindi è molto più adatto per i woofer. I legni a fibra corta invece sono indicati per i coni più duri, e vengono usati per grossi diffusori, in quanto non si danneggiano facilmente.

È possibile graduare il cono in modo da averlo duro al centro e un po' più flessibile verso il bordo.

La forma del cono

Il profilo del cono dell'altoparlante è stato oggetto di innumerevoli discussioni su molti giornali del settore audio. Esistono due scuole principali, quella che lo vuole a sezione diritta e quella a linea curva. Ci sono inoltre due criteri diversi anche per i coni circolari, il primo vuole i coni a forma di cerchio e il secondo ellittico: uno dei vantaggi di quest'ultimo risiede nel fatto che la distanza fra il vertice e il bordo è variabile, il che porta ad una risposta più uniforme, mentre i coni circolari che hanno tale distanza fissa in ogni direzione tendono a creare delle risonanze.

Alcuni costruttori hanno cercato di rimediare appesantendo e smorzando il cono (vedi Fig. 6.9). Sono stati usati coni dal

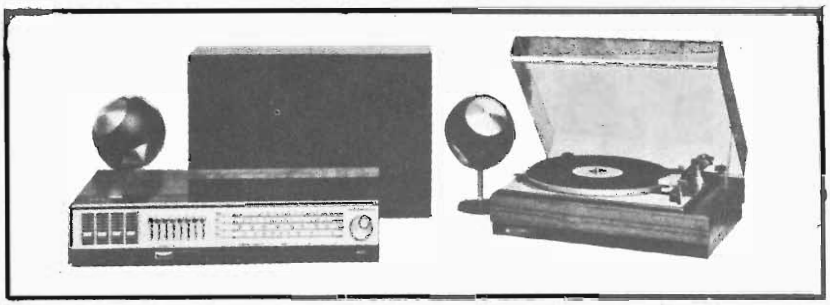


Fig. 6.10 Nel tentativo di ottenere dei buoni risultati stereofonici sono nate molte nuove combinazioni di altoparlanti, compresa questa della Grundig. Si utilizza un'unità per i bassi ed un'unità separata per gli acuti — o per i medioalti combinati. Per ottenere la necessaria dispersione degli acuti su ciascun elemento sono montati più tweeters.

profilo allungato, che si mantengono abbastanza rigidi sulle frequenze basse, ma sono portati a « schizzare » gli acuti troppo improvvisamente se usati anche per le frequenze superiori.

I coni dal profilo poco profondo invece hanno l'inconveniente di essere poco rigidi; oggi sono disponibili alcune unità biconiche, con l'elemento per gli acuti disposto al centro.

Tra i compromessi possibili c'è quello della scelta dello spessore del cono. Tuttavia ciò porta a delle perdite di corrente, in quanto per pilotare un cono di massa grande ci vuole una potenza maggiore. I coni più sottili hanno anche una risonanza più bassa, che può essere un vantaggio nel caso che si debba costruire una cassa piccola. La scelta di materiali diversi, come lana di vetro o polistirolo espanso, può cambiare il punto di rottura del cono; inoltre può servire a prevenire il ritorno al cono dell'energia delle onde stazionarie che si creano fra le pareti del diffusore.

Ma questo è un argomento troppo complicato per poter essere trattato qui, anche se la tentazione di farlo è grossa. Basterà dire che per la stereofonia a prezzi ragionevoli è sufficiente impiegare altoparlanti che siano fatti con materiali abbastanza diversi da quelli usati, per esempio, nelle stanze degli studi di registrazione.

Ci sono molti costruttori, specialmente in Gran Bretagna, che sono riusciti a produrre degli ottimi altoparlanti con caratteristiche che sono un compromesso fra l'ideale e l'irraggiungibile da una parte, e la praticità e la competitività dall'altra (suona un

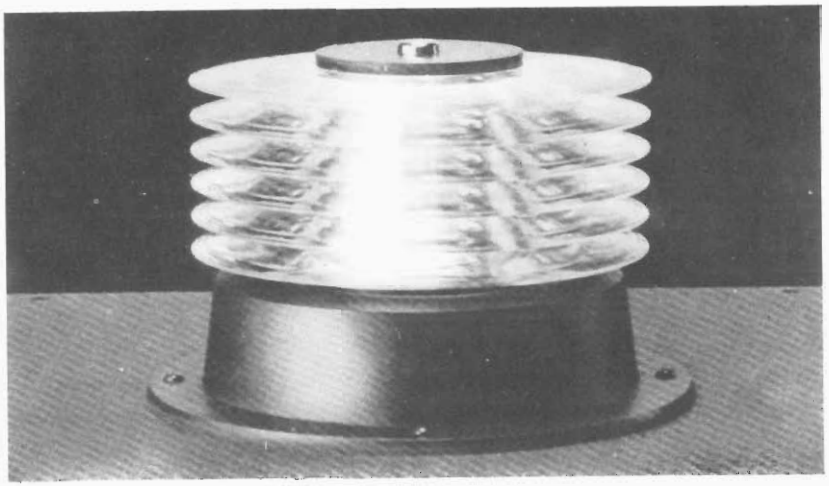


Fig. 6.11 La dispersione degli acuti può essere effettuata in molti modi diversi, compreso (a) l'uso di riflettori posti sopra gli altoparlanti che irradiano verso l'alto e l'uso di superfici ampie e curvate (b) contenenti un certo numero di tweeters, come il caso dell'unità elettrostatica B & W DM 70

po' sciovinista, vero?). Esempi tipici sono i diffusori KEF e Bowers & Wilkins per i quali si fa uso di materiali come polistirene trattato con alluminio da una parte, o fibra di vetro smorzata con polistirene dall'altra, con risultati di tutto rispetto.

Alla Wharfedale, dove il fondatore Gilbert Briggs, nel momento in cui scrivo ha deciso di non ritirarsi più, per lavorare come consulente della Rank Organization che ha rilevato la sua fabbrica, si preferisce usare invece i coni in carta con un foglio di polistirene posto sul davanti. Ted Jordan ha speso buona parte della sua vita e dei suoi risparmi per mettere a punto i piccoli coni al titanio (cioè rigidi), sperimentati con successo nei diffusori a più vie.

Una scelta oculata del materiale di rivestimento e del materiale del cono può ripercuotersi sia sull'apertura stereofonica che sulla risposta interna e le risonanze. La KEF usa un bordo di gomma al neoprene, che nei suoi migliori diffusori per uso domestico permette di arrivare a una risonanza sui bassi sotto i 20 Hz, attenuando nello stesso tempo le risonanze della cassa di rive-

stimento di 26 dB a 1 KHz. Per indurire il cono essi usano tra l'altro anche un rivestimento di alluminio.

Col passare del tempo nascono nuovi materiali, e qualche volta gli sviluppi in altri campi forniscono delle novità sorprendenti. Un esempio di ciò è costituito dal bextrene, che è un polistirene modificato con gomma, ricoperto con uno strato di PVC. Quest'ultimo agisce come elemento smorzante, e il sistema complessivo riesce a combinare in uno rigidità e leggerezza, con costi di produzione molto contenuti.

L'unità degli acuti

Alle frequenze più alte la risonanza del cono non è un elemento critico, e i metodi impiegati per la costruzione del tweeter sono molteplici. Il problema principale per la ricezione stereofonica è, ovviamente, la notevole direzionalità degli altoparlanti per alta frequenza. Esso ha portato a molti espedienti insoliti, come ad esempio quello che consiste nel costruire una grossa unità per i bassi, separata dal resto, in comune con entrambi i canali, e che per le alte frequenze fa uso di più altoparlanti che hanno il compito di coprire una certa zona di udibilità e di assicurare una buona dispersione.

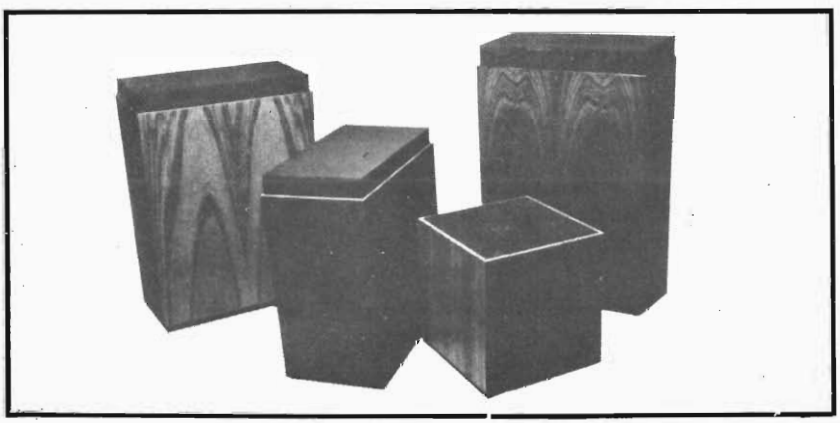


Fig. 6.12 Un gruppo di diffusori omnidirezionali Sonab svedesi. Gli altoparlanti irradiano in alto ed i tweeters sono disposti in un rettangolo rivolto verso l'interno. Così facendo l'effetto stereo dovrebbe coprire un'area più vasta.

Nel corso degli anni sono stati impiegati un certo numero di metodi per disperdere gli acuti; la tecnica preferita è quella che usa uno schermo sull'unità degli acuti, la quale non è rivolta necessariamente verso l'ascoltatore. Altri metodi sfruttano le pa-

Fig. 6.13 Spaccato assonometrico del diffusore Tannoy GRF a tromba caricata. Il percorso dell'aria (ovvero del flusso sonoro) è indicato dalle freccette.

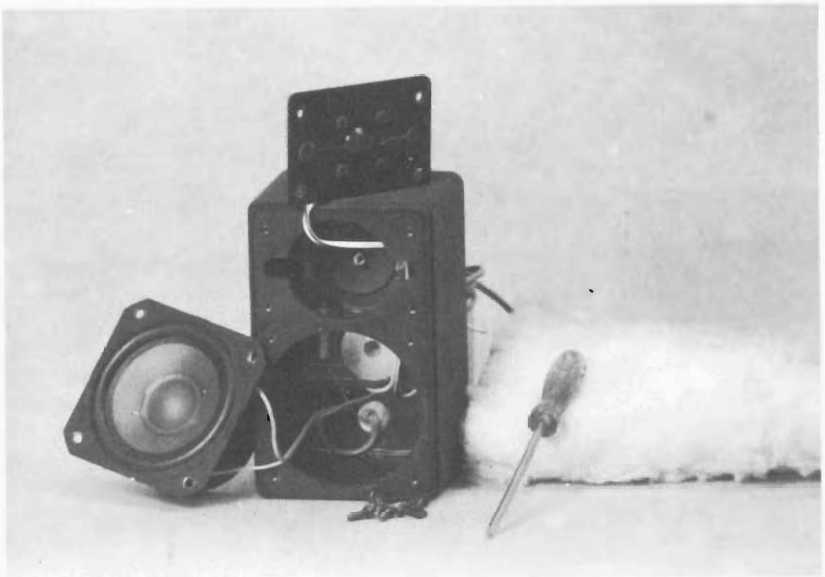


Fig. 6.14 Una buona cassa è riempita di materiale fono-assorbente. Di solito si usa della lana di vetro oppure del materiale anti-acustico a forma di tappeto multistrato, ma i diffusori di qualità sono riempiti con lana di pecora a fili lunghi o con ovatta

reti del muro, o anche il soffitto, come elementi riflettenti per gli altoparlanti degli acuti che sono disposti su varie direzioni.

Attualmente il sottoscritto dispone di una coppia di casse AR-3 della Acustic Research, che mi permette di godermi i notevoli vantaggi della stereofonia un pochino meglio, nella regione bassa, di quanto facessero prima le casse B & W DM1 (che adesso uso dietro di me per rinforzare l'effetto quadrifonico), e che non « chiudono » affatto gli acuti se collocati nel posto giusto.

Indubbiamente anche i diffusori omni-direzionali hanno un loro posto nella stereofonia, e anch'io ho usato per qualche tempo una coppia di casse Sonab; ma credo che la necessità di ulteriori perfezionamenti e il dover porre i diffusori a una distanza fissa dal muro siano di impedimento all'uso di tali sistemi di diffusori — nonostante le discussioni fino a notte inoltrata con Stig Carlson, progettista e fiero difensore di questi diffusori.

Il contenitore

Buona parte della resa finale dipende dall'alloggiamento degli altoparlanti e del materiale assorbente adoperato. Si è già visto che le superfici parallele possono originare onde stazionarie e, di

conseguenza, quelle fastidiose risonanze all'interno dei diffusori. Sappiamo già dai primi capitoli che i materiali usati hanno proprietà di assorbimento e risonanze diverse.

Il problema che si presenta al progettista di casse acustiche « commerciali » è quello di farci entrare dentro cose tra loro incompatibili. Egli mira ad una cassa (o box) dalle dimensioni molto contenute, sul tipo di quelle che ho scelto per le illustrazioni — soprattutto perché le signore hanno dei problemi d'arredamento — tuttavia egli vuole mantenere dei bassi abbastanza buoni.

Non è realmente possibile avere le due cose insieme. E tengo a sfatare questo falso mito proprio perché molti costruttori assicurano che, dalle loro casse simili a scatole di biscotti, è possibile ottenere una risposta in frequenza che va giù fino ai 20 Hz. Si tratta soltanto di « falsi bassi », ovvero di risonanze prodotte dalla combinazione di piccoli altoparlanti, di piccoli contenitori e di materiali sostanzialmente poco affidabili.

Avendo sopportato per anni queste cose, propinate quotidianamente alla gente in cerca di alta fedeltà, e siccome non esistono molte regole di misura contro cui confrontarle, tendo a giudicare in base a quello che sento: e se tutti coloro che accarezzano l'idea di comprarsi un certo impianto si prendessero la briga di ascoltare con cura la musica a loro familiare — anche con i loro dischi, se pensano che il negoziante lo permetta — essi cambierebbero la loro opinione. Gli altoparlanti devono essere quasi « vissuti », prima di poterne dare un giudizio spassionato.

Se pensate al diffusore come ad un'unità completa, cioè con il suo sistema di funzionamento e la sua cassa, i princìpi di funzionamento principale sono essenzialmente cinque. Essi sono: baffle aperto, baffle infinito, tromba ripiegata, bass-reflex e sospensione pneumatica. Naturalmente ci sono le suddivisioni.

Il « baffle »

I diffusori a baffle o schermo erano molto di moda un tempo. Come si è visto nei capitoli precedenti la funzione dello schermo è di prevenire le variazioni di pressione causate dalle onde frontali dell'altoparlante che agiscono sul cono modificandone la pressione dell'aria dalla parte posteriore. In teoria, potreste pensare, si potrebbero semplicemente montare gli altoparlanti sul muro — facendo beneficiare i vicini, forse, delle radiazioni posteriori.

In realtà, per ottenere dei bassi perfetti ci vorrebbero schermi acustici con dimensioni di circa 27 metri quadri; quindi per

mantenere fedeli i bassi e per mantenere le dimensioni a un livello accettabile il progettista è costretto a ricorrere a qualche stratagemma.

Lo schermo infinito cerca di ottimizzare queste due ultime cose separando la parte posteriore da quella frontale, evitando che il suono irradiato faccia variare la pressione dell'aria all'interno della cassa. Tuttavia, anche così, ci deve essere una dispersione di aria mantenuta all'interno della cassa da una pressione creata artificialmente, altrimenti il cono dell'altoparlante si muoverebbe per un quarto di ciclo per poi fermarsi. Si fa uso quindi di una dispersione controllata. A questa bisogna aggiungere il problema delle onde stazionarie che, generate dentro la cassa, vengono irradiate nuovamente *attraverso* il cono acusticamente trasparente.

I sistemi a tromba (o a labirinto)

È stato detto per lungo tempo che i diffusori a tromba suonano meglio di ogni altro sistema. In effetti l'ascolto di un sistema ben progettato sembra confermare questo fatto; tuttavia non tutti possono permettersi di avere una casa fatta su misura. E siccome le basse frequenze, come osserva un esperto, sono ottenibili solo con trombe lunghe almeno « un uomo e mezzo » dobbiamo venire ad un compromesso. I sistemi a tromba hanno una efficienza molto alta, e questo fu un grande pregio quando la potenza degli amplificatori non era ancora disponibile così come lo è oggi.

L'odierna tecnologia dei semiconduttori ci permette di avere alte potenze a costi minori, quindi possiamo anche essere più pignoli rispetto ai sistemi a tromba. Uno di questi è il sistema a tromba ripiegata, nel quale il percorso dell'aria che va dalla parte posteriore a quella anteriore del diffusore viene reso più « tortuoso » tramite appositi pannelli a forma di labirinto, in modo che il tempo impiegato da un suono a bassa frequenza, proveniente da dietro, per uscire fuori dalla cassa dalla parte anteriore sia tale da renderlo innocuo (vedi Fig. 6.13).

L'efficienza di un altoparlante è una misura dell'energia trasferita dall'ingresso elettrico all'uscita sonora. Con gli altoparlanti d'oggi non è strano trovare efficienze basse comprese fra l'1 e il 10 per cento. La bellezza delle casse a tromba sta proprio nell'altissima efficienza, e nel fatto che, se la cassa è ben fatta, può

riprodurre un suono molto pulito. È raro che un patito di tale sistema possa cambiare opinione . . .

I quattro parametri che determinano la qualità di una cassa acustica a tromba sono: a) la sua forma; b) la « velocità » di variazione della svasatura della tromba; c) le dimensioni e la forma della gola e d) la grandezza e la forma della bocca.

La forma dipende dal progetto complessivo, mentre la svasatura può essere di tipo esponenziale o iperbolico, parabolico o perfino conico. (C'è anche un altro tipo, quello a svasatura « hypex » sviluppato negli USA dalla Jensen, comunque non verrà trattato qui).

Il migliore accoppiamento altoparlante-aria è dato dai primi due, anche se la svasatura conica, pur non essendo eccezionale, introduce minor distorsione.

Il sistema a tromba ripiegata combina in uno i pregi del sistema a tromba con la forma e la costruzione della cassa, e i progetti a tromba d'angolo sfruttano le pareti della stanza come elementi riflettenti, riuscendo a migliorare l'adattamento d'impedenza alla bocca della tromba, e quindi la resa sui bassi. L'efficienza può essere perfino cinquanta volte maggiore di quella degli schermi acustici, con conseguente riduzione della distorsione. L'unico svantaggio è l'ingombro.

Il « bass-reflex »

Il diffusore « bass-reflex » è, tra i sistemi di diffusione, forse quello più diffuso, ed è stato usato e messo a punto per molti anni, dando origine a casse acustiche di notevole qualità. Non è sbagliato dire che i grossi schermi acustici hanno sostituito sul mercato i sistemi a riflessione o quelli con qualche apertura, così come i dispositivi a sospensione acustica stanno conquistando il terreno occupato una volta dalle casse a labirinto: il motivo è sempre lo stesso, la riduzione dell'ingombro.

Persone come John Crabbe e Rex Baldock, rispettivamente (e secondo me a buon diritto!) direttore e consulente tecnico di Hi-Fi News, possono anche pensare di costruire la propria casa in funzione dei propri diffusori. Noi « comuni mortali » che abitiamo in case che sono quelle che sono, non possiamo permetterci di far tremare il pavimento per i troppi bassi o di rompere i vetri con acuti troppo violenti.

Inoltre dobbiamo combattere anche con il problema dei mobili:

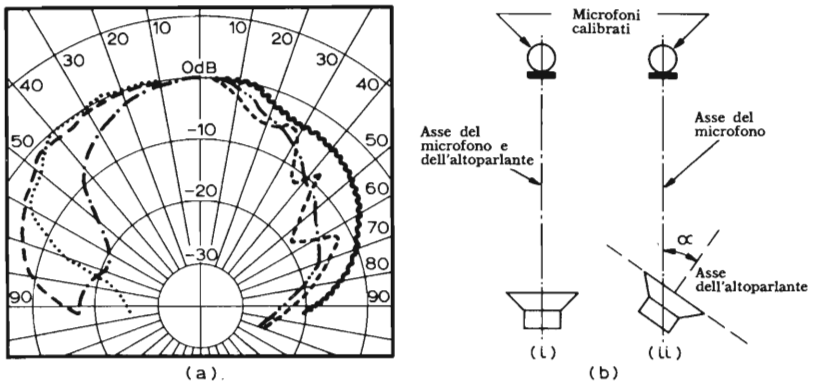


Fig. 6.15 Per una buona stereofonia è importante che il cammino di radiazione dei diffusori sia uniforme. In (a) si illustra il cammino di radiazione del sistema EMI EL 400. In (b) si vede qual'è il metodo per effettuare misure sull'asse e fuori dall'asse. Si fa uso di microfoni calibrati e le prove vengono eseguite in camera anecoica.

a questo proposito una mia amica americana mi ha scritto ultimamente: « *Non avrei mai dovuto sposarmi con un appassionato d'alta fedeltà. Adesso quando cammino nel salotto rimango veramente spaventata da quei mostruosi diffusori, che ha comprato da poco, anche se non sono in funzione* ». I mostri di cui si parla sono diffusori della Acoustic Research che riescono a riprodurre qualsiasi nota a pedale di un organo senza sopprimere le numerose armoniche di un pianoforte suonato ad arte.

I diffusori bass-reflex richiedono una progettazione abbastanza accurata. In effetti essi vanno considerati come sistemi ad accordo per i quali sia l'altoparlante che il contenitore debbono rispettare regole ben precise. Infatti si sfrutta l'aria contenuta dentro la cassa come una capacità acustica, e l'apertura posta davanti alla cassa, che può essere variata, come un'induttanza acustica.

In questo modo è possibile aumentare la risonanza di bassa frequenza del woofer, ottenendo un rinforzamento dei bassi. Il suono da dietro l'altoparlante viene fatto uscire dall'apertura frontale, e bisogna fare un po' di attenzione per eliminare le « sporgenze »; la parte interna della cassa è foderata con materiale fono-assorbente, e spesso il portello d'accordo ha una resistenza acustica sull'apertura che smorza le risonanze non desiderate.

Una variazione molto ben accettata è quella usata nei diffusori ABR (Auxiliary Bass Radiator) della Celestion. Questo progetto invece di un'apertura fa uso di una « sorgente », ovvero un sistema elastico a tenuta d'aria con plastiche dilatate a forma di panino, sistemato dentro un'unità sagomata, proprio come uno degli altoparlanti piatti soliti. Esso si comporta più o meno come un pistone che riceve le variazioni di pressione dall'aria presente dentro la cassa.

Tale sistema ha il vantaggio di ridurre le dimensioni rispetto alle casse ad accordo usate prima, e di mantenere le caratteristiche di queste pressocché inalterate, se non migliori.

Sistemi a sospensione pneumatica

Simile sotto certi aspetti al sistema a schermo acustico, ma con importanti differenze, il sistema a sospensione pneumatica sfrutta l'aria chiusa dentro una piccola cassa, usandola come

Fig. 6.16 Alzatelo da terra! Il contatto diretto della cassa con il pavimento contribuisce a creare dei falsi bassi per via dell'esteso diaframma fittizio che si viene a formare. I migliori diffusori monitor vengono progettati per essere fissati al muro o per essere sistemati su dei sostegni come questo diffusore Ferrograph.

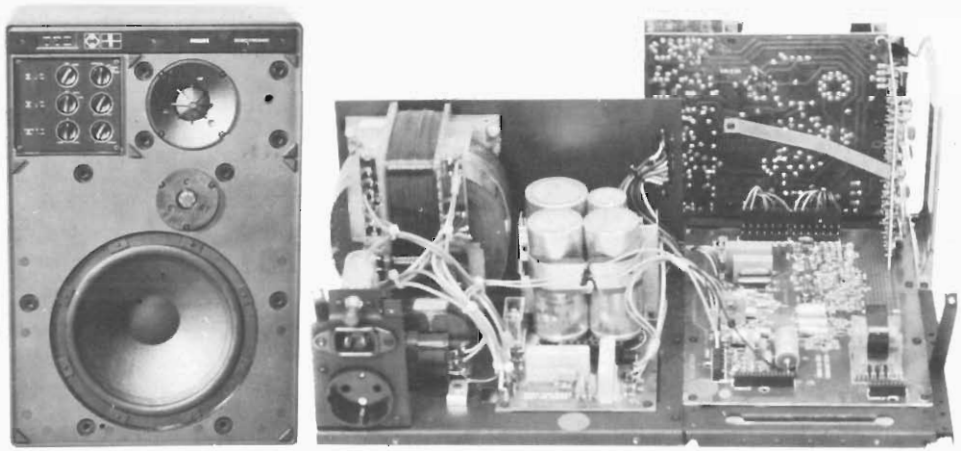


Fig. 6.17 Le nuove casse « motional feedback » introdotte dalla Philips hanno destato molto scalpore nell'ambiente audio. Ogni cassa contiene due amplificatori d'uscita, i quali permettono di usufruire di potenze relativamente alte e di una riproduzione sonora abbastanza buona, considerate anche le dimensioni contenute del box.

sorgente. Si usa un cono con grossi valori di complianza (o elasticità) in modo che l'intero diaframma possa muoversi con facilità, evitando così di dover essere pilotato con grosse potenze. Il pericolo qui sta nel fatto che l'alta complianza abbassa la risonanza dell'altoparlante in aria libera, con la possibilità che si introducano distorsioni.

Nel montare l'altoparlante ad alta complianza sulla cassa a tenuta d'aria riempita di materiale fono-assorbente, il diaframma dell'altoparlante viene « risucchiato » in dentro, per aumentare la frequenza di risonanza di tutto il sistema.

La frequenza di risonanze può essere controllata con accuratezza in base alle variazioni di volume della cassa e dell'altoparlante base

Quello che si perde nei sistemi a sospensione pneumatica è l'efficienza. Tuttavia ciò non rappresenta ormai un grosso svantaggio, grazie ai moderni amplificatori che forniscono potenze relativamente grosse a prezzi molto contenuti.

Le casse « monitor »

Molti costruttori di rilievo hanno prodotto diffusori « monitor » (lett. « di controllo ») estremamente ben fatti, con caratteristiche molto spinte e con tecniche che li rendono estremamente adatti per l'ascolto stereofonico. Dai loro progetti si possono imparare molte cose utili. Se date un'occhiata alla letteratura sull'argomento e ai diffusori di alta qualità simili, vi accorgerete immediatamente di quanto i bassi vengano solitamente riprodotti male; la regola generale è quella di alzarli da terra.

Come nel caso delle trombe ad angolo tipo Klipsch che sfruttavano le riflessioni dei muri e del pavimento per avere dei buoni bassi con basse potenze di pilotaggio, così gli inconvenienti degli odierni sistemi progettati per suonare in uno spazio libero sono quelli di avere delle risonanze fastidiose se poggiate per terra. Alcuni sono forniti di sostegni o piedistalli, come quello di Fig. 6.16. La qualità più importante della maggior parte di questi diffusori di alta qualità, e ciò che li rende particolarmente adatti per l'uso stereofonico, è il percorso di radiazione.

Quasi tutte le casse acustiche hanno altoparlanti che dirigono il suono in avanti: il suono « vi viene incontro ». L'angolo di dispersione del suono dipende dalle caratteristiche generali della cassa e degli altoparlanti, comunque tende sempre a diminuire al crescere delle frequenze. Da qui l'uso per i tweeter di diaframmi a forma di cupola, o di lenti acustiche di vario tipo che disperdono il suono su un'area più ampia.

Sempre dalle stesse esigenze sono nati alcuni progetti interessanti, anche se non sempre efficaci, di diffusori che dirigono il suono all'indietro.

D'altra parte, una fetta dell'energia sonora irradiata in avanti viene persa per l'assorbimento, infatti una regola base è che più alta è la frequenza, maggiore è la perdita per assorbimento. Questo ci fornisce quindi un altro buon motivo per tenere i diffusori alzati da terra, in modo che gli altoparlanti per gli acuti non puntino direttamente sulle nostre orecchie, ed i suoni acuti non vengano assorbiti dalle soffici imbottiture dei mobili.

C'è, è vero, una posizione d'ascolto che può considerarsi la migliore per l'effetto stereofonico con due diffusori direzionali, ma una qualsiasi stanza ammobilitata dà sempre la possibilità di scegliere il posto d'ascolto con una certa « larghezza ».

Alcuni oppositori dei sistemi omni-direzionali, i quali disperdono il suono molto bene, affermano che viene persa la vera sensazione stereofonica: i fautori invece dicono che l'effetto stereo si conserva, solo che viene diffuso su un'area d'ascolto molto più ampia. La mia opinione è: giudicateli da soli. Ma ricordatevi sempre che un diffusore non è da considerarsi migliore solo perché accentua l'effetto stereo; e che « stereo » non è sinonimo di alta fedeltà. La qualità sonora scadente non viene mai migliorata dall'aggiunta della stereofonia.

I compatti

La combinazione giradischi-amplificatore-diffusore va sotto il nome di sistema « compatto ».

Se ne deduce che essi vengono costruiti come un'unità, e che dovrebbero essere quindi migliori delle combinazioni che uno può mettere assieme. C'è anche il fatto che acquistando un compatto si risparmiano dei soldi.

Per certi versi questo può essere vero, poiché un compatto stereo con diffusori separati è di solito migliore rispetto ad un radiogrammofono, il componente che di solito viene sostituito proprio dal compatto.

Come per gli altri altoparlanti, il mio parere sui compatti si riassume nella regola: *guardateli e ascoltateli da voi.* Non fatevi incantare dalle casse più o meno carine, o dai numerosi e misteriosi controlli. Ma tenete presente la regola d'oro che non si possono ottenere, da piccoli altoparlanti, dei buoni bassi.

Il vantaggio del compatto è che qualcuno si è già preso la briga di adattare i vari componenti. Non c'è mai stato un vero accordo tra le case costruttrici per quel che riguarda l'impedenza e la sensibilità di sintonizzatori, registratori e amplificatori, nonostante gli altoparlanti abbiano oggi impedenze ristrette a 4-8 e 16 Ohms, e la maggior parte dei giradischi montino testine con carico di 47-68 K, e abbiano uscite da 3 a 10 mV.

I compatti non hanno questi problemi, ma siccome la natura umana è quella che è, viene da pensare che i costruttori portino rancore contro tutti gli altri sistemi dello stesso genere. L'adattamento dei registratori a nastro ai compatti esistenti è una operazione notoriamente complicata. Tuttavia dobbiamo essere grati

ai sistemi compatti che hanno reso accessibile a tutti l'ascolto stereofonico. Un buon compatto può anche essere un buon investimento.

Le cuffie stereofoniche

Come si è già rilevato all'inizio di questo libro, le cuffie non sono in grado di ridare il vero effetto stereofonico, bensì rappresentano un mezzo d'ascolto binaurale. Ciascun orecchio riceve

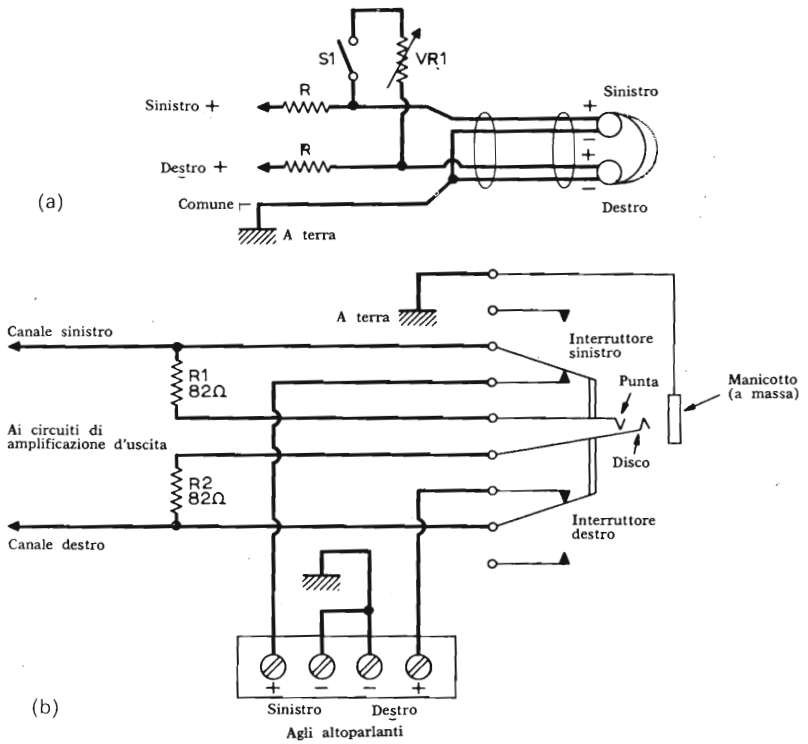


Fig. 6.18 (a) Un semplice circuito per la combinazione dei segnali della cuffia il quale manda una parte del canale destro dentro l'orecchio sinistro e viceversa. (b) Schema di una presa stereo ad interruttore — lo scopo dell'interruttore è quello di sopprimere gli altoparlanti quando si inserisce il jack a tre poli — con resistenze limitatrici che permettono di avere una potenza massima di I W in cuffie da 8 ohm.

un canale: e anche se si ottiene una miscela di suoni il risultato non riproduce esattamente la sorgente sonora. Ciò nonostante sono molti gli utenti che propendono ad usarla, e la Fig. 6.18 mostra un semplice metodo consigliato da John Earl. La resistenza variabile dovrebbe avere un valore cinque volte maggiore di quella del singolo orecchio. Una parte dell'uscita del canale sinistro viene poi mandata all'orecchio destro, e parte del canale destro all'orecchio sinistro. Non è una soluzione vera, ma è in grado di attenuare la forte separazione imposta dall'ascolto binaurale.

In questo diagramma le uscite sono state prelevate, tramite resistenze limitatrici, ai morsetti degli altoparlanti. Ciò serve a proteggere le cuffie, le quali sono costruite per tenere solo pochi watts — e a proteggere le nostre orecchie da quei pagliacci che alzano a caso il volume proprio quando uno è immerso nell'ascolto della sua musica preferita! Il valore di queste resistenze dipende dalla potenza d'uscita dell'amplificatore e dall'impedenza delle cuffie, ma generalmente oscilla intorno ai 100 Ω

Nel caso che all'amplificatore (o al registratore) sia stata messa la presa per la cuffia, le connessioni per la presa « jack » devono essere del tipo mostrato in Fig. 6.19, solo che le resistenze limitatrici devono essere state già inserite dal costruttore dell'apparecchio. Le connessioni per la cuffia sono abbastanza standard, e i costruttori mettono spesso la presa in modo che il cavo della cuffia penda dalla parte che non dà fastidio per la manovra delle manopole di controllo dell'amplificatore.

Dopo le prese delle testine del giradischi, i cavi della cuffia sono la parte più delicata dell'impianto stereofonico, e siccome il filo è difficile da saldare, spesso si preferisce arrotondarlo, e risulta difficile rifare le connessioni.

Le cuffie che non si adattano all'amplificatore possono essere abbastanza seccanti. Le impedenze non sono sempre così semplici come dichiarato. « 8-ohms » potrebbe voler dire che l'elemento ha un'impedenza di 8 ohms, oppure che può adattarsi ad uscite di 8 ohms ma in realtà possiede una sua impedenza molto più grande. E le cuffie con impedenza più alta, su un'uscita che è già attenuata da resistenze in serie, daranno semplicemente un'uscita ridotta.

Poche parole di avvertimento ai nuovi arrivati sulla « scena » della cuffia stereo. La cuffia può essere rilevatrice, nel senso che

potete benissimo sentire i disturbi del vostro amplificatore e le sue origini, cose che prima non sentivate dall'ascolto con le casse acustiche. Molti possessori di compatti economici sono rimasti delusi dai disturbi che la cuffia appena comprata aveva subito messo in evidenza.

7. Microfoni, testine e nastri

Il suono stereofonico ha una sorgente sonora — il microfono. Sia che l'ascolto avvenga via radio, o giradischi, nastro o sistema di « public address » diretto, esiste sempre una catena intera di apparati elettronici frapposto tra il suono originale e il nostro orecchio. Quando il suono viene trasformato in impulsi elettrici o viceversa, si dice che ha luogo una trasduzione. Vale a dire, avviene una trasformazione della forma di energia.

Il microfono è un tipico trasduttore, nel quale le onde sonore danno origine a piccoli impulsi elettrici.

Un altro esempio di trasduttore è il fonorivelatore (o pick-up) del giradischi, nel quale i movimenti meccanici subiscono una trasformazione simile. Un trasduttore che spesso viene trascurato, ma che ha una sua importante funzione, è la testina di registrazione su nastro, nella quale la corrente elettrica fa variare la magnetizzazione del nastro — nella fase di riproduzione il processo avviene al contrario.

L'esempio principale è, naturalmente, l'altoparlante, il quale ha la funzione di riprodurre il suono originale nell'aria della stanza, grazie agli ampulsi elettrici che gli arrivano. Ma questo l'abbiamo già visto altrove e non ci soffermeremo a lungo su di esso nel corso di questo capitolo.

La pressione

Dobbiamo cominciare, inevitabilmente, dal microfono. E nel fare ciò, dobbiamo considerare le forze che agiscono su di esso e la pressione massima che esso deve essere in grado di trattare

prima che si innestino delle distorsioni o che le escursioni delle parti mobili diventino impossibili. Nella riproduzione stereofonica i microfoni hanno un ruolo importante, semplicemente perché essi raccolgono il campo sonoro nel quale si vengono a trovare. E, come avremo modo di vedere, esistono parecchi metodi per questo tipo di processo.

Il microfono riceve le vibrazioni dell'aria prodotte dai suoni, e le trasforma in inmpulsi elettrici che vengono usati per alimentare un amplificatore.

Le vibrazioni sono in genere molto piccole. Infatti per una pressione sonora di 0 dB, cui corrisponde una pressione di 0,0002 dine/cm^2 (sempre alla frequenza di 1 KHz), la velocità della particella sonora è di appena 0,0000048 cm/s; il gradiente di pressione (ad 1 cm di distanza) è 0,000037 e lo spostamento della particella è soltanto $0{,}76 \times 10^{-9}$ cm.

A 100 dB questi valori vengono moltiplicati per 100.000 e il movimento effettivo dell'aria è ancora estremamente piccolo, così come le variazioni di pressione dell'onda sonora. Per farne un esempio, alla soglia di udibilità il movimento del diaframma del microfono causato da un tono di 3 KHz è di 10^{-10} centimetri, ovvero di qualche decimilardesimo di centimetro. Le fluttuazioni della pressione sonora corrispondono più o meno a variazioni della pressione atmosferica che si avrebbero per movimenti verticali di 1/10.000 di centimetro circa.

L'intervallo di intensità

L'intervallo di intensità che le nostre orecchie sono in grado di recepire è di 20 milioni a 1. In termini di pressione sonora questo vale circa 4000: 1. Per esempio un a solo di violino che suona *ppp* dà circa 0,0000038 watts acustici, mentre un pezzo orchestrale a *fff* dà un equivalente acustico di 70 watts elettrici.

Le onde sonore corrispondono a variazioni della pressione sia spaziali che temporali. Il grafico di una forma d'onda che riproduca lo spostamento della particella, assieme al grafico della velocità della particella, riportato sempre sullo stesso asse delle ascisse, fa vedere che la pressione è maggiore quando le variazioni sono molte rapide, cioè in corrispondenza dei massimi.

Essa invece è perpendicolare quando la forma d'onda interseca la retta, cioè quando lo spostamento è momentaneamente

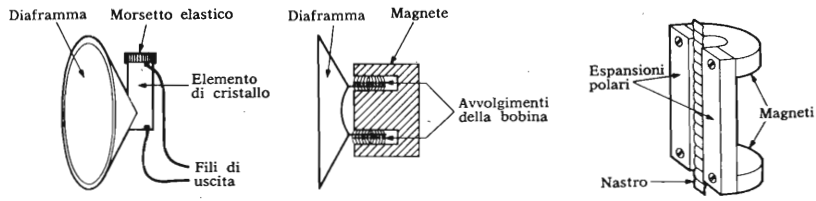


Fig. 7.1 I pricipali tipi di microfono: (a) il metodo a cristallo o piezoelettrico, con la pressione sul cristallo che produce l'energia elettrica, (b) a bobina mobile, dove un blocchetto con del filo avvolto sopra produce una corrente se fatto muovere in un campo magnetico, e (c) i microfoni a nastro, in cui una piccola striscia di materiale viene prima corrugata e poi sospesa in un campo magnetico, per produrre correnti molto piccole ad impedenze molto basse.

costante. In questo contesto la retta non vale zero, ma va considerata « regolare ».

Tuttavia la velocità dell'aria ha un massimo in corrispondenza delle brusche variazioni spaziali. Quindi il valore della velocità di un'onda sonora dipende da quanto varia la pressione, e pertanto dall'intensità del suono.

Però la velocità della forma d'onda attraverso l'aria è fissa; essa dipende principalmente dalla temperatura e da fattori secondari come direzione e forza del vento. A temperatura ambiente essa vale circa 1.130 piedi/sec. (ovvero 34.4000 cm/s).

Il suono viaggia, naturalmente, anche attraverso altri materiali, cambiando però la sua velocità e le modalità di propagazione. Per adesso però siamo interessati solo all'effeto di un suono che si propaga in aria e che viene raccolto da un microfono.

Un'occhiata al capitolo 2 può essere utile per i dettagli che qui mancano.

La propagazione dell'onda

Il suono si propaga nell'atmosfera sotto forma di onda. Esistono tre tipi di propagazione:

a) longitudinale, in cui la direzione del moto coincide con quella della propagazione;

b) trasversale, simile al movimento della superficie dell'acqua, usato spesso erroneamente come analogia per le onde sonore;

c) di torsione.

A noi interessa solo il tipo a), ma dobbiamo distinguere fra onde piane e onde sferiche.

Un'onda piana ha un fronte d'onda che si propaga perpendicolarmente alla direzione di rotazione. È difficile ritrovare le condizioni di propagazione di onda piana. Un esempio potrebbe essere il pistone in un condotto, dove la lunghezza d'onda del suono è grande rispetto al diametro del tubo. È più probabile imbattersi in onde sferiche, nelle quali il suono si propaga verso l'esterno rispetto alla sorgente che l'ha creato. È essenziale capire questo concetto, sia per la stereofonia, sia, soprattutto per la quadrifonia.

Quando il microfono è abbastanza lontano dalla sorgente conviene considerare la forma d'onda come piana, mentre se la sorgente è vicina l'onda sonora va considerata sferica. I microfoni devono essere in grado di riprodurre entrambe queste situazioni, e vengono progettati anche per essere omni-direzionali, direzionali, e per lavorare sia da lontano che da vicino; per operare in ambienti con alto rumore di fondo o per captare anche i suoni più deboli.

I tipi di microfono

Esistono oggi microfoni che si adattano alle varie condizioni ambientali, che danno buoni risultati anche in pieno vento, che « intercettano » suoni lontani o che riproducono fedelmente anche le conversazioni intime. Altri tipi sono progettati apposta per essere piccoli e poco ingombranti, per sopportare anche urti accidentali o per lavorare egregiamente anche sott'acqua.

A noi non interessa tanto la grande varietà di tipi quanto la classificazione che vogliamo fare a seconda del principio di funzionamento. Esistono cinque categorie principali di microfoni:

a) a granuli di carbone;
b) piezoelettrici (a cristallo);
c) dinamici (a bobina mobile);
d) a condensatore;
e) a elettreti.

Assieme a questi tipi principali, ci sono un numero di strumenti speciali come il microfono a filo caldo, in cui la velocità delle particelle d'aria agisce su un filo riscaldato di piccola capacità termica; oppure il progetto della termocoppia, che ha qual-

cosa di simile, ma lavora con variazioni di pressione; o i trasduttori ionici che sfruttano le variazioni della resistenza di un arco voltaico; i microfoni elettronici che lavorano direttamente dentro valvole termoioniche o dentro un accoppiamento magnetico alla sua griglia; e poi ci sono i loro equivalenti « transistorizzati »; i microfoni a capillare, dove le onde sonore fanno variare la tensione superficiale di un elettrolita per produrre variazioni di potenziale; i microfoni che sfruttano il principio magneto-strittivo e anche quelli che sfruttano la dispersione.

I microfoni del tipo a) funzionano facendo variare la pressione sonora su dei granuli di carbone, ottenendo quella che si può definire una resistenza variabile. Questo è il tipo che si usa per molti telefoni. Esso è adatto per il parlato, ma varia le sue caratteristiche con la temperatura ed ha un rumore di fondo molto alto: non è quindi usabile per registrazioni su nastro di qualità. Il suo unico vantaggio è l'alta uscita; (vantaggi secondari, come la « inclinazione » della risposta caratteristica che serve a proteggere l'ascoltatore da variazioni improvvise del suono e che sopprime i suoni di bassa intensità, possono interessare solo gli studenti di telefonia).

Microfoni del tipo a onda

Per quanto riguarda gli altri, abbiamo a che fare non solo con la loro « efficienza di conversione », che può essere minore dell'1%, ma anche con il loro modo di funzionamento quando si vengono a trovare in un campo sonoro, soprattutto nelle applicazioni stereofoniche. I microfoni del tipo a onda sono caratterizzati dall'avere spiccate proprietà direzionali, e le loro dimensioni sono studiate in modo da essere sempre maggiori delle lunghezze d'onda con cui devono lavorare, proprio per sfruttare meglio gli effetti di interferenza fra le onde. Il microfono « puntiforme » invece basa il suo funzionamento sull'azione della pressione sonora in una zona molto ristretta (un punto oppure più punti vicini tra loro), ovvero in zone le cui dimensioni siano piccole rispetto alla lunghezza d'onda.

Va ricordato che lunghezza d'onda e frequenza sono legate fra loro, essendo il loro prodotto uguale alla velocità della luce, cioè $c = \lambda f$, dove $c = 1.130$ piedi/sec (34.400 cm/s), λ è la lunghezza d'onda nelle unità opportune, ed f la frequenza in Hertz. Per

esempio, la lunghezza d'onda di una nota di 20 Hz è di 56 piedi e 1/3 (1.720 cm), mentre la lunghezza d'onda di una nota di 20 KHz è di 0,67 pollici (1,72 cm), e la lunghezza d'onda della nostra frequenza riferimento di 1 KHz è di 14 pollici, ovvero 34,4 cm.

Sono due i modi con cui la forma d'onda trasferisce energia al microfono. Nei microfoni a pressione il suono urta contro un

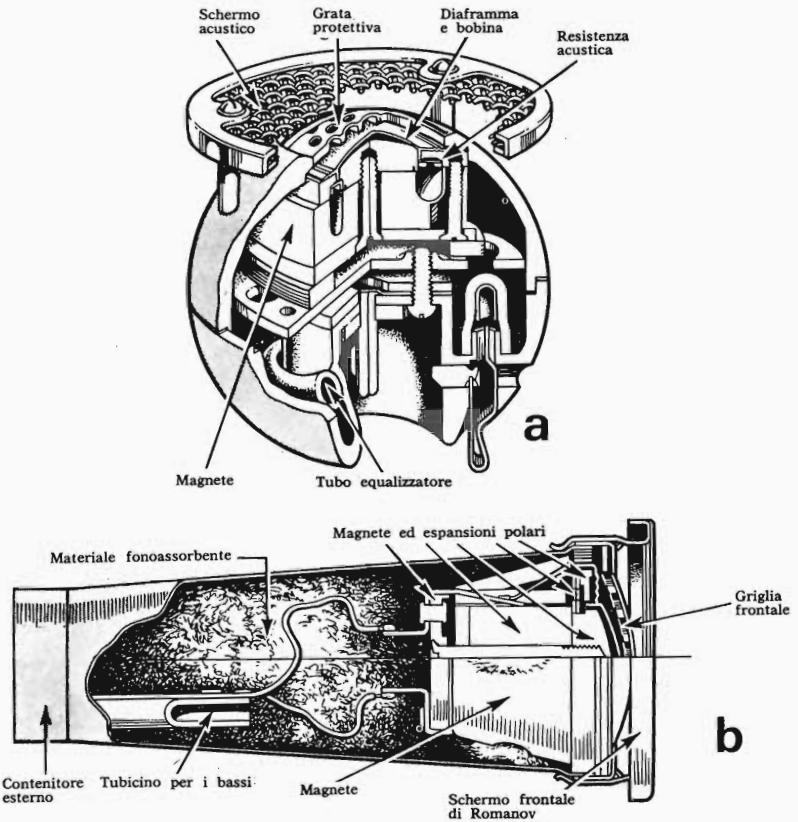


Fig. 7.2 Le sezioni trasversali idealizzate ci dicono ben poco. Qui sono rappresentati in pratica due microfoni a bobina mobile — forse i trasduttori attualmente più usati. (a) Illustra il metodo di costruzione, tuttora valido, dei primi microfoni a « palla e biscotto », mentre (b) illustra un tipo più recente, sul tipo di quello costruito dalla Standard Telephones Ltd. e ripreso poi da molti altri.

lato del diaframma, mentre l'altro lato è separato dalla struttura. In teoria essi dovrebbero essere sensibili ai suoni provenienti da ogni angolazione, ma ce ne sono molti che non rispettano questo fatto, soprattutto a causa dell'alloggiamento. In generale la risposta alle alte frequenza, che hanno lunghezze d'onda vicine alle dimensioni fisiche dei sostegni microfonici, dipende sensibilmente dalla forma, e, come al solito, rende il microfono più o meno direzionale.

Nei microfoni a pressione dinamica l'onda sonora urta sul diaframma in modo che lo spostamento di questo sia proporzionale alla velocità della particella. E siccome la velocità, essendo un vettore, è una grandezza dotata di direzione e modulo, il microfono a pressione dinamico è essenzialmente direzionale.

Sia i microfoni a nastro libero che quelli a gradiente di pressione rientrano in questa categoria; in essi l'onda sonora agisce su entrambi i lati del diaframma. Nel caso del microfono a nastro il movimento del nastro è causato dalla differenza di pressione che c'è tra i due lati. Tuttavia si tratta in verità di un dispositivo a gradiente di pressione, più che di un microfono a velocità: è impossibile fare dei nastri che siano abbastanza sottili da rispondere solo alla velocità del suono.

Ciò nonostante, si usa chiamare il microfono a nastro anche microfono a velocità, per distinguerlo dai « colleghi » a pressione. Tuttavia variando opportunamente l'alloggiamento è possibile riprodurre caratteristiche a cardiode.

Il microfono piezoelettrico

I microfoni piezoelettrici o a cristallo basano il loro funzionamento sulle particolari proprietà di certi sali di Rochelle, quarzo o tormalina, che sottoposti a sollecitazioni meccaniche sono in grado di generare piccole tensioni. Uno strato di cristallo viene tagliato e montato in modo tale che la pressione sonora esercitata su un diaframma produca una forza che tende a ruotare il cristallo.

I cristalli possiedono un'alta frequenza di risonanza e vengono fatti lavorare a frequenze minori di tale risonanza. Il limite superiore di frequenza è determinato dalla risonanza delle masse in gioco e dalla complianza del cristallo, e spesso si aggira su valori migliori di 7 o 8 KHz, entro $\pm$3db. Questi microfoni si comportano quasi tutti come elementi capacitivi, hanno bisogno di la-

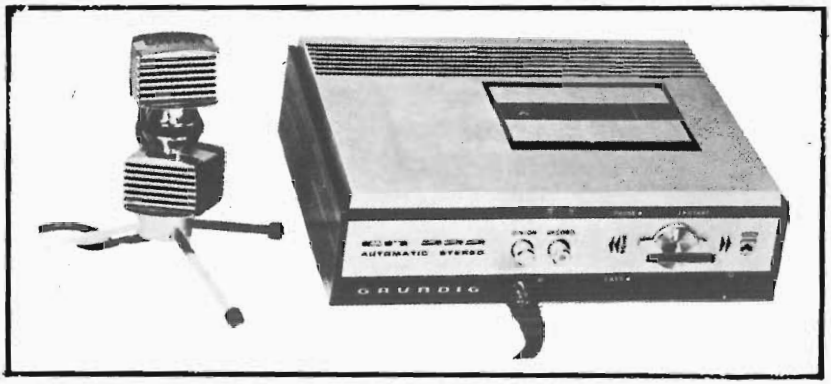


Fig. 7.3 La curva prezzo/qualità cresce rapidamente. È possibile ottenere risultati abbastanza ragionevoli anche con microfoni di prezzo modico, come per esempio quelli mostrati sopra insieme ad una piastra di registrazione e prodotti dalla Grundig.

vorare su un carico di grossa impedenza, e sono sensibili alle variazioni di temperatura.

La loro efficienza è abbastanza alta. Si riscontrano livelli d'uscita di —55 dB su amplificatori con impedenza di 2M o più. In genere si usa smorzare il diaframma con resistenze acustiche costituite da armature sintetiche metallico-porose, o da schermature similari, che aiutano ad eliminare le risonanze non desiderate.

Il microfono a cella sonora

I microfoni a cristallo tipo cellula sonora sono un po' più cari ed hanno di conseguenza proprietà migliori. In essi due piastre curvatrici bimorfe sono incollate e attaccate assieme, in modo da formare una « scatola » intorno ad una piccola cavità di aria.

Alcuni modelli sono anche molto robusti come costruzione, con diaframmi piatti, e ricordano da vicino i microfoni capacitivi, pur non avendo la stessa risposta in frequenza.

La loro impedenza acustica è pressoché infinita, e la sensibilità molto alta, con valori tipici da —50 a —70 dB. Se ne possono riunire anche parecchi assieme, legati fra loro, ottenendo un'unità ancora abbastanza piccola da permettere una buona direzionalità. Naturalmente essi funzionano a pressione.

Il tipo ADP

L'ultimo tipo di microfono a cristallo che vogliamo considerare è quello ADP, usato per lo più nel campo del « Public Address », più che nelle registrazioni effettuate in casa. Il nome deriva dalle barre di espansione, che sono fatte appunto di fosfato di ammonio bi-idrogeno. La loro costruzione, estremamente solida, fa sì che la loro risposta in frequenza sia lineare fino alla frequenza di risonanza del cristallo, il che giustifica il loro impiego nelle misure con alti livelli sonori e nelle applicazioni di tipo industriale.

Di solito si adattano bene a preamplificatori a basso rumore con un'impedenza di ingresso di qualche centinaio di megaohms. Per queste applicazioni si sfruttano sempre più i moderni « Front End » a FET (Field Effect Transistor), i quali tra l'altro permettono di produrre unità molto più piccole.

I microfoni dinamici

I microfoni dinamici vengono impiegati largamente, specialmente oggi che i dispositivi di bassa impedenza adattati direttamente sono diventati convenienti e reperibili a poco prezzo. Parecchi registratori economici impiegano microfoni a bobina mobile (vedi Fig. 7.3). Come si intuisce dal nome, essi funzionano grazie a un diaframma su cui la pressione dell'onda sonora agisce in modo da far variare il movimento di una bobina mobile in un campo magnetico. La riduzione delle linee di campo che ne consegue produce una forza elettro-motrice che di solito viene trasformata in modo da adattarla all'ingresso del preamplificatore.

Sotto tale affermazione, apparentemente così sibillina, si nascondono parecchi problemi. In primo luogo, un dispositivo semplice come quello descritto dovrebbe avere una risonanza propria a 400 Hz circa, a causa della struttura fisica del sistema a cono — il diaframma è costituito di solito da un cono poco profondo, simile a quello di un altoparlante. Inoltre l'accoppiamento fra l'aria della zona polare e l'aria dietro il cono dà origine ad un'altra risonanza, questa volta nella delicata zona dei 4-6 KHz.

Questo è uno dei motivi per cui molti microfoni dinamici di tipo economico danno risultati così buoni nelle comunicazioni parlate —, la loro risonanza infatti cade proprio nel mezzo della banda di frequenze relative al parlato! (vedi Fig. 7.5).

Fig. 7.4 Il quartetto Fidelio e Thea King ripresi durante una prova per la registrazione dell'ottimo disco test dimostrativo di John Crabbe, « What is good recorded sound » (ABK-9, Discourses). La maggior parte dei microfoni usati sono a bobina mobile. Per ottenere una registrazione che si avvicinasse il più possibile alla situazione reale è stato necessario fare molta attenzione alla disposizione relativa dei microfoni.

Per smorzare la risonanza della zona di bassa frequenza si aggiunge di solito un elemento acustico, un pezzo di stoffa o un anello di metallo poroso bucherellato finemente o di tipo sintetico, o anche un'incisione sotto la sbarra della bobina. La complianza dell'aria all'interno della custodia principale fa andare giù la risposta dei bassi. In molti progetti si fa uso di una specie di tubo equalizzatore, oppure di uno spazio che funga da dispersore acustico, i quali permettono l'equalizzazione da parte della pressione dell'aria dalla zona frontale del diaframma a quella posteriore — il tutto controllato esattamente.

La risposta polare è solitamente omni-direzionale, ma viene modificata dalla forma dell'alloggiamento e può essere resa simile alla risposta ottimale tipo cardioide.

Generalmente i diaframmi sono in lega di alluminio laminato o di plastica — quest'ultima scelta è determinata sia dal costo

minore che dalla possibilità di resistere meglio all'usura. Il bordo elastico è corrigato tangenzialmente per ottenere un movimento lineare. L'avvolgimento delle bobine per microfoni da intervista può essere di filo piatto di alluminio, qualche volta incollato al diaframma come una bobina senza capo. Le variazioni sono molte.

Nel caso che le bobine siano avvolte su rocchetti, il materiale deve essere scelto con cura per ridurre il peso, evitare risonanze e mantenere l'elasticità del cono. La forma più usata oggi è quello a tubo, anche se qualcuno di voi avrà certamente visto le foto del famoso microfono « palla-e-biscotto » usato nelle stazioni trasmittenti, e la differenza nella costruzione è tale da meritare due parole sull'argomento. La Fig. 7.2 può servire da riferimento.

Il « biscotto » è uno schermo frontale di materiale poroso (il progetto viene attribuito a F.F. Romanov dei Bell Laboratories) opportunamente dimensionato e separato dal corpo rotondo del microfono in modo da neutralizzare la diffrazione e fornire un'accurata risposta omnidirezionale. Di solito il « biscotto » è fatto con seta artificiale appoggiata su degli schermi incrociati a rete con tessitura aperta. Il materiale deve avere una resistenza acustica ben precisa e la spaziatura è essenziale. Il suono proveniente di fronte viene attenuato dolcemente, per bilanciarlo con il suono che arriva da dietro, che altrimenti verrebbe recepito male a causa del corpo del microfono.

I piccoli elementi a tubo hanno una risposta limitata sui bassi, ma questo non comporta grossi svantaggi per gli usi cui viene solitamente adibito, cioè la registrazione con gli apparecchi portatili. I modelli Lavalier hanno una risposta volutamente « tagliata » sotto i 200 Hz per evitare gli inevitabili « inscatolamenti »

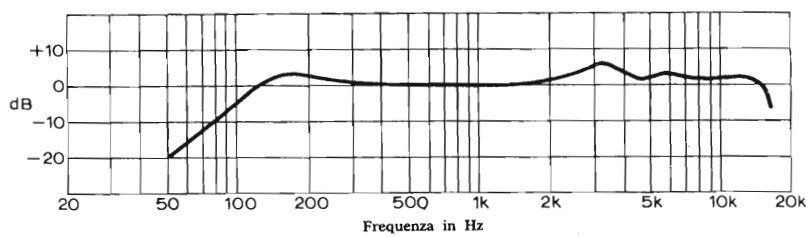


Fig. 7.5 - Risposta in frequenza di un tipico microfono a bobina mobile, col caratteristico picco nella zona critica dell'ascolto che può essere molto vantaggioso.

e per compensare le perdite sugli acuti derivanti dall'uso del microfono in posizione spostata rispetto all'asse.

L'altro vantaggio basilare è che i microfoni a bobina mobile con diametro di 21/2 pollici sono abbastanza omnidirezionali alle basse frequenze, e sopra i 2 KHz cominciano a presentare spiccate proprietà direzionali. Questo è proprio quello che si cerca di ottenere con i sistemi di rinforzo sonoro, nei quali il fattore direzionale aiuta a ridurre il fischio d'innesto, un fenomeno che prevale soprattutto ad alte frequenze. Ulteriori dettagli su questo argomento stanno nell'utile libro di Vivian Capel *Public Address Handbook* (Ed. Fountain).

I microfoni a bobina mobile hanno sempre una bassa impedenza, e così pure la sensibilità, ma la regola generale vuole che vengano costruiti nel corpo del microfono dei piccoli trasformatori, i quali danno una tensione più alta e permettono un miglior adattamentto al preamplificatore.

L'impedenza si aggira sempre sui 30Ω, mentre l'uscita senza trasformatore può essere di —80 dB.

I microfoni a nastro

I microfoni a nastro possono funzionare anche a pressione, se sono stati progettati per quello scopo, ma di solito sono del tipo a gradiente di pressione. La parte attiva del trasduttore è fatta con materiali molto delicati, tipicamente un nastro sottile di alluminio tenero, spesso, meno di un micron, lavorato in modo da presentare dei corrugamenti che lo rendono più flessibile e prevengono gli arricciamenti ai bordi.

Nei modelli più recenti sono stati usati materiali alternativi, come i fogli di plastica.

In pratica le dimensioni tipiche del nastro sono di 2.5 cm. x 0.6 cm. in larghezza, e di 1/40 di miglio di spessore. Esso viene fissato fra le espansioni polari del magnete e il gioco sui bordi è uno degli elementi più importanti, perché costituisce il velo poroso che forma il diaframma; abbastanza importante è anche la forza del magnete stesso. I microfoni a nastro non devono essere mai sbattuti, non vanno soffiati e devono essere tenuti lontani da oggetti metallici.

Dato che l'elemento attivo è in pratica una bobina a una spira sola, l'impedenza tipica di un microfono a nastro è molto bassa

— neanche una frazione di ohm. Per avere un adattamento d'impedenza più conveniente viene costruito direttamente sull'alloggiamento del microfono un trasformatore che aumenta l'uscita, il quale permette di arrivare a impedenze di 30 Ω, oltre che a dare il giusto carico al preamplificatore.

Nonostante questo, l'uscita dei microfoni a nastro rimane bassa, ma la qualità è elevata, e la risposta « a forma di otto » può essere facilmente modificata per avvicinarla a quella a cardioide o ad altre configurazioni, adattando semplicemente l'alloggiamento in modo da poter aggiungere dei cuscinetti acustici da un lato del nastro, ottenendo così prestazioni molto varsatili.

Per l'operatore l'inconveniente più grosso — a parte quello derivante dal cattivo trattamento — è la risposta rispetto alle zone vicine, che, per comodità, tende ad essere molto esaltata sui bassi.

Questo « effetto di vicinanza o prossimità » è caratteristico dei trasduttori a velocità o a gradiente di pressione, per i quali il campo di una piccola sorgente sonora contiene un fattore inversamente proporzionale al prodotto della frequenza e della distanza.

Il vantaggio principale è la risposta polare, che può attenuare suoni non desiderati perfino di 48 dB e più sull'asse « morto » di 90°. L'angolo di ricezione utile per un microfono a nastro è di 60° circa, un valore molto indicato per gruppi teatrali o per rappresentazioni simili.

I microfoni capacitivi

I microfoni capacitivi (o a condensatore) sono fondamentalmente omnidirezionali, e sono in grado di fornire una risposta in frequenza ampia e lineare, oltre a un buon comportamento nei transistori. Generalmente la parte costruttiva consta di un diaframma posto dentro un contenitore rigido e a una certa distanza fissa, ma sempre vicino, ad un piatto nero carico ed isolato. Le due piastre (l'altra è il disco del diaframma) formano una capacità compresa fra i 5 e i 75 pF, valori che si ottengono al variare del movimento del diaframma in funzione della pressione sonora. Con la tecnica di costruzione « lineare » la variazione può essere resa costante su tutto lo spettro di frequenze, tuttavia se si vuole mantenere la risposta sulle basse frequenze l'impedenza d'ingresso e l'impedenza della tensione di polarizzazione devono

essere entrambe abbastanza alte — 100 MΩ e più.

Nella pratica odierna si montano dei preamplificatori transistorizzati direttamente sul supporto del microfono capacitivo. L'avvento dei dispositivi a FET e le recenti lamine isolanti poste fra le piastre — esse riducono le dimensioni e permettono una maggiore robustezza — hanno portato allo sviluppo di microfoni capacitivi di dimensioni molto contenute (il che migliora la risposta sugli alti) e di altissima qualità. Ciò ha portato tra l'altro ai modelli a elettreti, sui quali ci soffermeremo un attimo.

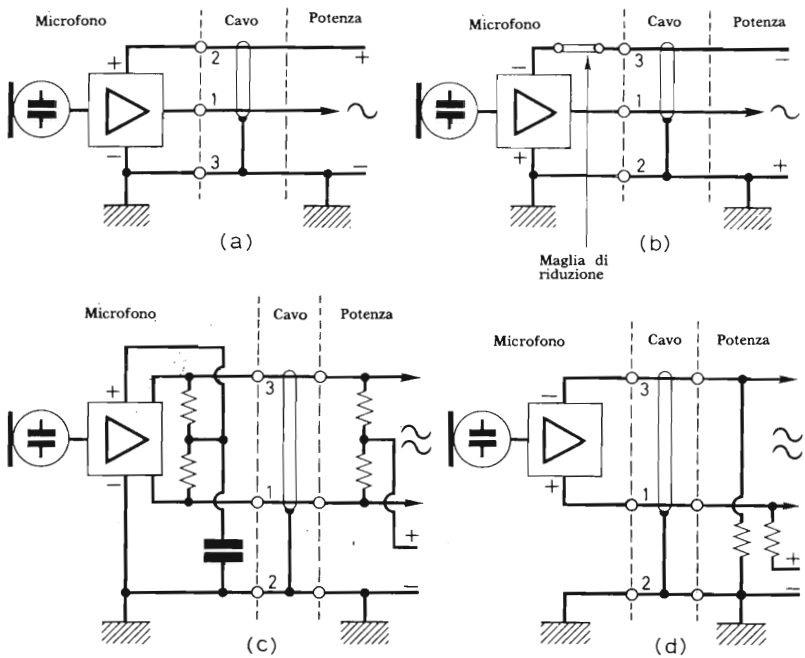


Fig. 7.6 Diversi modi per alimentare i microfoni a capacità: (a) impianto a tre vie, con l'alimentazione positiva su una delle linee, il segnale su un'altra linea e la terza in comune tra le prime due; (b) i microfoni che utilizzano cellule al mercurio spesso invertono i collegamenti precedenti; (c) l'alimentazione cosiddeta « phantom » usa il ritorno di massa come schermo e come negativo, il positivo sta sulle altre linee, e delle resistenze bilanciano il tutto; (d) qui sia il positivo che il negativo sono collegati alle linee di segnale tramite resistenze bilanciate poste alla fine dell'alimentazione.

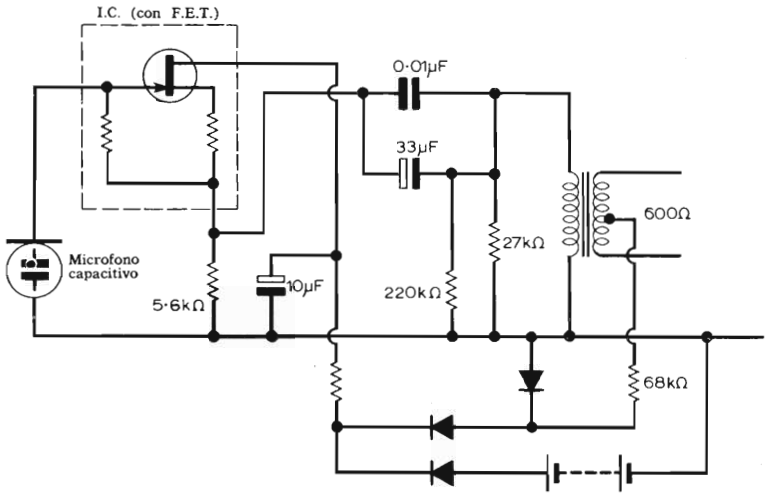


Fig. 7.7 I moderni microfoni capacitivi a elettreti utilizzano un amplificatore posto dietro la capsula. Alcuni transistor ad effetto di campo rendono più facile l'adattamento di indipendenza e l'amplificazione. Questo schema è quello del circuito inserito nella capsula microfonica del modello ECM-22P della Sony, il quale usa come alimentazione una batteria al mercurio da 9 volt.

La tensione del diaframma deve essere mantenuta alta, e lo si fa di solito tramite un anello di chiusura. Il gioco fra il diaframma e la piastra di sostegno è dell'ordine di un millesimo di pollice, e la piastra va isolata dal supporto e dal diaframma. Sono stati usati con successo gli isolanti al quarzo, tuttavia alcuni piccoli modelli apparsi recentemente impiegano plastiche melynex ricoperte di alluminio da una parte, montate rigidamente su un anello di perspex posto a 1 ½ pollice da un sostegno in duralluminio rigato. Altri tipi di microfoni capacitivi impiegano diaframmi di acciaio inossidabile, di nichel o di titanio, e molto spesso la struttura principale del microfono è fatta dello stesso materiale.

I sistemi a un lato solo che permettono un accesso acustico libero verso il diaframma possono presentare caratteristiche non lineari a causa della relazione tra forza elettrostatica e spostamento. La tensione di polarizzazione deve essere grande rispetto alla forza elettro-motrice (f.e.m.) generata.

Per ridurre la produzione di armoniche si rende necessario mantenere l'uscita leggermente bassa — fattore non molto im-

portante dopo lo sviluppo dei circuiti a transistor a basso rumore e ad alta efficienza, e dopo i progressi dei circuiti integrati.

I microfoni capacitivi, a causa della speciale struttura meccanica possono essere resi « immuni » da scosse o variazioni di temperatura. Grazie all'uso di piastre e diaframmi molto spessi è stato possibile realizzare microfoni-sonda utilizzati per misure di campioni d'aria di scarichi industriali e per applicazioni industriali simili. Generalmente l'uso dei microfoni capacitivi è ristretto alle applicazioni in cui siano richiesti una uscita basso-media, risposta in frequenza estesa e lineare e buona risposta ai transitori; tuttavia essi necessitano sempre di tensioni polarizzatrici da parte di una sorgente ad alta impedenza.

I microfoni a elettreti

Gli ultimi anni hanno visto il crescente sviluppo di microfoni basati sul principio degli elettreti, soprattutto quelli usati negli apparecchi Sony che si trovano incorporati nei registratori. Il principio degli elettreti è basato sul fenomeno della permanenza di cariche elettrostatiche su un materiale dopo che questi sia stato immerso in un campo elettrico di forte intensità.

La ritenzione delle cariche dipende dal materiale impiegato. La Sony fa uso di un diaframma sottile altamente polimerico il quale da una parte permette di avere gli stessi vantaggi dei microfoni capacitivi, dall'altra presenta il vantaggio di poter usare una tensione d'alimentazione relativamente bassa per un amplificatore semplice.

Nella pratica, grazie all'uso di transistor ad effetto di campo, è possibile avere oggi trasformatori di impedenza incorporati; i vantaggi sono a) alta sensibilità, b) diaframmi molto leggeri, c) eliminazione effettiva del rumore di vibrazione e di maneggiamento e d) una gamma dinamica molto ampia.

Bisogna dire però che i primi tipi di microfono a elettreti erano soggetti a un deterioramento piuttosto rapido, e l'aumento del rumore di fondo annullava in pratica la comodità di avere sul registratore un microfono incorporato grosso quanto un bottone.

Comunque la ricerca tecnologica sta eliminando questi problemi ed è probabile che presto usciranno microfoni e elettreti della stessa qualità di quelli capacitivi, ma senza gli inconvenienti dell'alta tensione di alimentazione.

Nel frattempo i ricercatori rivali stanno studiando a fondo

le tecniche con microfoni capacitivi, cercando di sfruttare i circuiti integrati e le nuove sorgenti di energia (un campo poco esplorato), ed è probabile che i microfoni capacitivi sopravviveranno ancora a lungo, soprattutto nelle applicazioni per studi di registrazione o per rappresentazioni teatrali.

Attualmente i microfoni a elettreti hanno il vantaggio di essere estremamente compatti e di non richiedere una grande attenzione nell'uso data la loro robustezza, tuttavia non possono contribuire molto alla riproduzione stereofonica finché non si eliminano gli inconvenienti dovuti alle variazioni di carica.

I diagrammi polari

Nelle applicazioni per la stereofonia quello che interessa di più in un microfono sono la sensibilità e le caratteristiche direzionali. I diagrammi polari possono dirci molto rispetto a queste due grandezze.

In questa curva il microfono è rappresentato da un'area o da un puntino, e la distanza fra questo e ciascuna linea della curva di risposta rappresenta una tensione riferita ad una pressione e ad una uscita fissati.

Troviamo quindi curve di risposta tarate in volts, volts riferiti a 0,0002 din /cm^2, microbars, e decibels al di sotto di un livello di riferimento di 1 volt.

Il fattore importante è la forma della curva di risposta in prossimità di ogni linea di riferimento. La distribuzione sferica della risposta polare di un microfono a pressione a frequenze medio-basse diventa sempre più direzionale al crescere della frequenza del segnale captato.

Il microfono a gradiente di pressione ha, invece, una risposta polare praticamente a forma di otto, con un angolo di ricezione davanti e di dietro che arriva a 105°, ed un'area morta a 90° rispetto al piano frontale del microfono o al diaframma (vedi Fig. 7.8 (d)).

Una risposta a cardioide (a forma di cuore) è molto indicata per la stereofonia, perché oltre a permettere di discriminare sulla direzione, come i microfoni direzionali, presenta anche una risposta abbastanza marcata in una direzione particolare, come gli omnidirezionali. I microfoni a cardioide uniscono i pregi dei microfoni a gradiente di pressione e di quelli a pressione. Si può ottenere un microfono cardioide usando due microfoni a con-

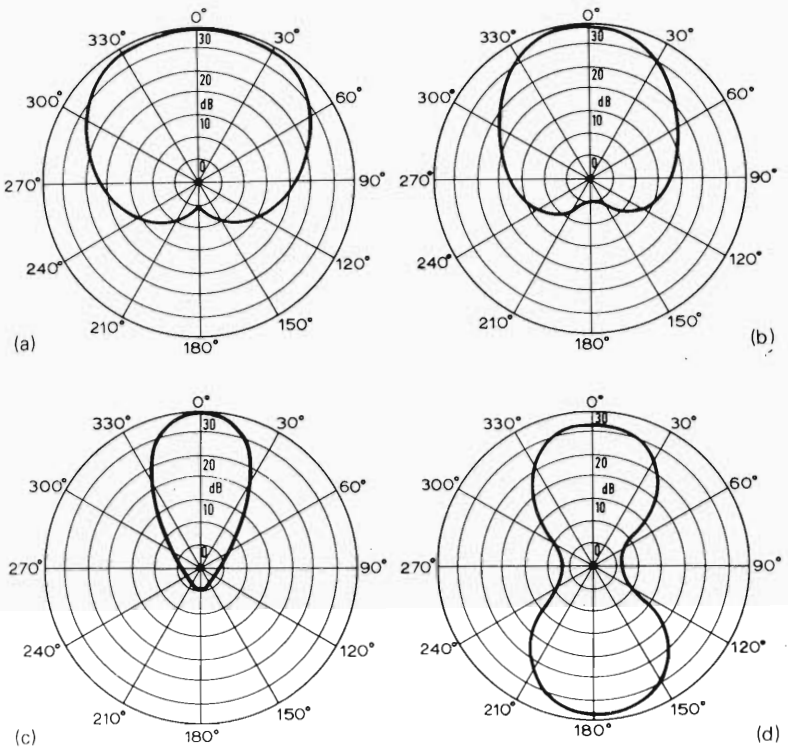


Fig. 7.8 I diagrammi polari ci aiutano a determinare i vantaggi dei microfoni da utilizzare per la stereofonia. Qui sopra sono illustrati (a) il tipico cardioide, (b) il supercardioide, (c) il tipo a specchio, e (d) un esemprio di figura « a otto ».

densatore con due diaframmi separati da una piastra bucata, oppure, come si è già fatto notare, usando un microfono a nastro con dei cuscinetti acustici che filtrano il suono proveniente da una parte del nastro.

Direttività

Solitamente la direzionalità viene usata per scopi specifici, come ad esempio quello ben noto per cui il microfono viene sistemato in un paraboloide in modo che i suoni si focalizzino e si concentrino sul diaframma.

Oggi alcuni microfoni direzionali basati sul metodo della eliminazione sonora permettono di ricevere suoni debolissimi provenienti da posti lontani — funzionando così come strumenti di sorveglianza. Il microfono principale punta verso la sorgente sonora mentre alcuni microfoni ausiliari sono destinati a prelevare i suoni provenienti dalle altre direzioni non desiderate. Essi vengono quindi sfasati opportunamente e combinati in modo da cancellarsi, lasciando solo il suono desiderato che viene amplificato.

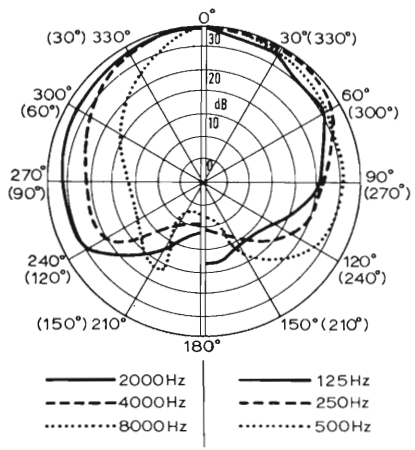


Fig. 7.9 Direzionalità e frequenza sono correlati fra loro. Questa è la tipica risposta polare a cardioide tracciata per sei frequenze diverse, tre per ciascuna metà del diagramma. Si può osservare come la frequenza del suono captato dal microfono direttamente dalla sorgente giochi un ruolo importante per la « fedeltà » del suono stereofonico.

La sensibilità di un microfono viene data come una tensione d'uscita oppure in decibels riferiti ad un livello fissato. Tale livello è generalmente di 1 Volt (corrispondente a 0 dB) ad una pressione sonora di 1 dina per centimetro quadro (1 dina/cm^2). Questa pressione vale 1 microbar (1μB), ed è considerata il livello massimo di una normale conversazione ad 1 metro di distanza. Quindi per un microfono con una sensibilità di —60 dB in presenza di una pressione sonora di 1 dina/cm^2 ci si aspetta una uscita di 1 mV.

Le norme DIN

Può essere interessante dare un'occhiata alle norme minime per i microfoni espresse come DIN 45.500 e che riportiamo qui di seguito.

1) L'intervallo di frequenze di 50-12.500 Hz deve essere compreso entro 3 dB per ogni ottava, e la curva ottimale deve essere compresa entro i limiti disegnati in Fig. 7.10. I microfoni non [illegible] una tolleranza sui bassi che segue l'andamento della linea tratteggiata.
Le tolleranze permesse sono ±4 dB, 50-250 Hz; ±3 dB, 250-8 KHz; ±4 dB, 8 KHz-12,5 KHz.

2) L'ampiezza di una curva reale non deve superare i 12 dB per ottava su nessuna frequenza. Le caratteristiche direzionali non devono dipendere dalla frequenza; per tutti gli angoli, tranne i zero gradi, le curve di frequenza devono differire di poco dalla curva di frequenza di un angolo relativo a zero gradi.

3) Le zone non direzionali non devono avere livelli d'uscita che differiscono di più di 12 dB (quando sono posti su una zona sonora libera) nell'intervallo da 6KHz a 9KHz, e non devono presentare variazioni da 0° a 90°.

4) I microfoni direzionali non devono «focalizzare» il suono per più di due volte (3dB) fra i 250 e gli 8.000 Hz.

In questo stesso intervallo l'ampiezza della curva di frequenza per tutti gli angoli escluso 0° non deve differire di più di ±4 dB dalla curva corrispondente a 0°. Questo requisito viene a

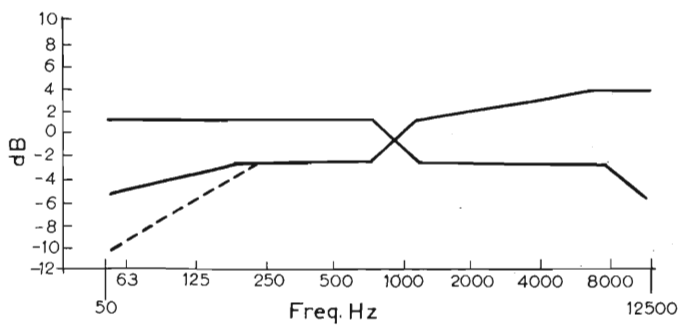


Fig. 7.10 La gamma di frequenze prescritte per i microfoni dalle norme DIN 45.500.

cadere per quelle parti della curva di frequenza che cadono sotto i —12 dB, dove l'effetto è praticamente trascurabile.

5) Il fattore di distorsione deve essere inferiore all'1% da 250 Hz a 8 KHz per pressioni di 100 microbar (equivalente a 114 dB).

6) Entro gli stessi limiti di frequenza le differenze fra i canali stereofonici non devono superare i 3 dB.

7) È richiesta per i microfoni una etichetta sulla quale siano indicati il principio di modulazione, le caratteristiche direzionali, il fattore di riproduzione di campo e l'impedenza elettrica. Le spine e le prese per i microfoni sono specificate a parte nelle norme DIN 45-594.

La scelta del microfono

La scelta del microfono è imposta essenzialmente dal costo, tuttavia sulla decisione finale influiscono le considerazioni sulla risposta in frequenza e i diagrammi polari. Per ogni situazione esistono i problemi relativi.

Le regole precise e veloci da applicare sono molto poche, e non sempre risolvono i problemi legati al riverbero o ai fastidiosi inneschi.

La difficoltà che si riscontra con i microfoni a cristallo è la perdita che si ha quando il cavo di connessione è molto lungo. La capacità del cavo (il tipo con il filo schermato) arriva fino a 100-150 pF per piede, e la capacità supplementare dell'ingresso è causa, molto spesso, di perdite di qualità sulle frequenze alte.

Per la loro alta impedenza le giunture malfatte sono propense a disturbare la ricezione, e lo stesso cavo, se mosso, può dare origine a rumori.

Se usate un microfono a cristallo è bene che il cavo non sia più lungo di due metri, e se proprio dovete prolungarlo usate un miscelatore.

I microfoni a bobina mobile sono robusti e versatili. Possono essere omnidirezionali o cardioidi, oppure cardioidi modificati. Essi possono essere protetti efficacemente dal vento o dalle condizioni atmosferiche non favorevoli, inserendo semplicemente nel corpo del microfono un piccolo trasformatore, e si adattano facilmente a molti circuiti. La risposta polare direzionale li rende particolarmente adatti per collocazioni speciali, specialmente in luoghi chiusi, dove essi possono essere messi abbastanza lontani dalla sorgente sonora, senza che intervengano fenomeni di riverbero; infatti basta disporli in modo che la parte « morta » sia

rivolta verso il suono non desiderato, e con l'asse principale della risposta polare diretto verso il suono che si vuole riprodurre.

I microfoni a nastro sono in genere più delicati, ma questo è il prezzo che bisogna pagare per avere una risposta in frequenza estesa e più lineare. L'effetto di prossimità li rende poco adatti per usi da vicino, e la sensibilità ai disturbi derivanti dal vento li pone nella categoria dei microfoni per uso interno. Non sempre però, perché uno dei migliori microfoni usati per le cronache sportive, progettato apposta per essere usato vicino alle labbra in condizioni sfavorevoli, è un modello a nastro! È possibile ottenere da questi modelli un suono di grande qualità per le trasmissioni radio-televisive, facendo attenzione però alle schermature e al montaggio, e si può dire che per le registrazioni in interni effettuate in condizioni di riverbero essi sono senz'altro da preferire.

I microfoni omnidirezionali sono particolarmente usati quando c'è bisogno di estrarre un po' di riverbero da una situazione acusticamente « morta ». I suoni distribuiti su una area estesa possono essere captati ugualmente, usando un numero minimo di microfoni.

Tuttavia, in generale, i microfoni monodirezionali e bidirezionali, se ben disposti, possono essere usati per ogni situazione.

Una fusione sonora accorta e un mixing intelligente costituiscono in fondo la soluzione per qualsiasi problema di registrazione.

La messa in fase

Quando si usa più di un microfono è importante accertarsi che essi siano bene in fase. Questo vuol dire che per un dato impulso sonoro ciascun diaframma deve muoversi avanti e indietro contemporaneamente. In tal modo si evita che la piccola forza elettromotrice (f.e.m.) generata da un microfono cancelli quella dell,altro, causando risposte in frequenza poco pulite oppure un suono smorzato.

Bisogna fare attenzione anche alla scelta del posto dove sistemare i microfoni, come nel caso per esempio di più persone che recitano una comedia. Le differenze che ne risultano nel livello del rumore di sottofondo possono essere notevoli. Infatti, una delle prime cose che l'ascoltatore nota quando usa un microfono per la prima volta (a prescindere dalla stranezza sonora della sua voce) è la facilità con cui il microfono riesce a captare e registrare rumori di cui non si era accorto.

Una registrazione può essere rovinata dal rumore del traffico attraverso le finestre chiuse, del ticchettare di un orologio e perfino dal fruscio dei vestiti o dalla pesantezza del respiro.

Il microfono andrebbe sempre montato su una superficie non risonante.

Il rumore può essere ridotto poggiandolo su della gommapiuma, e in ogni caso bisogna evitare il contatto con oggetti estranei.

La posizione

Quando poggiate un microfono su un tavolo, per un'intervista per esempio, mettetelo vicino ad un angolo piuttosto che nel mezzo del tavolo. I suoni riflessi priveranno la voce di tutte le caratteristiche, anche se il tavolo è imbottito.

Negli studi di produzione, questo effetto viene ridotto svuotando i tavoli — anche se non si vede.

È sempre meglio evitare di mettere il microfono troppo vicino a colui che parla. All'effetto di vicinanza si aggiungono i rumori del respiro e le sibilanti vengono accentuate; c'è anche un effetto direzionale per le alte frequenze vicine, il quale può rendere il suono della voce completamente innaturale. Normalmente noi ascoltiamo con entrame le orecchie e i microfoni dovrebbero stare a una distanza tale da permettere ad una « testa » posta nello stesso luogo di ascoltare il parlatore normalmente.

Questa è una regola molto approssimativa che, oltre agli inconvenienti menzionati prima, presenta anche quelli dovuti a condizioni ambientali molto rumorose, a riflessioni da suono pesante e ad altri fenomeni.

Informazioni molto più dettagliate su queste cose le potete trovare sul libro di Vivian Capel *Creative Tape Recording*, pubblicato dalle edizioni Fountain.

Le tecniche direzionali

Nel capitolo 1 e 2 abbiamo già parlato del classico sistema dei microfoni a « coppia-incrociata », introdotto dal vero pioniere della stereofonia, Alan Blumlein. Sono stati fatti molti esperimenti che usavano la testa umana come un manichino su cui i microfoni fungevano da orecchie, e anche un certo numero di esperimenti multi-canale; alcuni microfoni venivano posti a una

certa distanza fra loro di fronte ad un « palcoscenico sonoro » e si miscelavano le relative uscite; inoltre per la produzione di dischi da grammofosono la tecnica dei microfoni vicini fu adottata da un certo numero di case di produzione.

Sulle sacre pagine dello scibile dove i membri della Audio Engineering Society trattano i loro problemi, continua a divampare la lotta fra i sostenitori del « metodo europeo », con i microfoni incrociati, e il sistema americano, il quale usa inizialmente i microfoni frontali spaziali tra loro per poi finire con una fitta serie di microfoni che sono in grado di discriminare fra il cupo suono di un contrabbasso e il tossire discreto di un secondo violinista delle file di dietro.

In realtà c'è posto per entrambi. Qualsiasi letttore di *Studio Sound* e *Hi-Fi News* avrà apprezzato i grossi contributi dati da Angus McKenzie, il quale con il solo aiuto delle sue orecchie è in grado di giudicare e bilanciare una esecuzione sia dal punto di vista tecnico che da quello dell'ascoltatore musicalmente evoluto.

Può essere significativo il fatto che le sue ultime registrazioni (ultime nel momento in cui scrivo) della National Youth Orchestra siano state effettuate, sia al Fairfield che alla Royal Festival Hall, con l'impiego di una semplice coppia di microfoni incrociati a forma di otto.

Ancora più illuminante è il commento che lui fa di questa cosa:

Poiché alcuni microfoni devono essere stati distanti almeno 25 pollici alcuni rumori estranei dell'auditorio sono stati captati fin troppo bene. Tuttavia preferisco di gran lunga tale bilanciamento a quello con molti microfoni vicini, perché esso è molto più naturale e il suono ottenuto viene a trasportare più facilmente l'ascoltatore sulla situazione reale.

Le prove Ceoen

Carl Ceoen ha effettuato nel 1971, in Germania, alcuni tests molto interessanti che sono stati pubblicati in seguito dalla Audio Engineering Society. Essi si basavano sull'installazione di sei sistemi microfonici stereo diversi, posti davanti all'orchestra, i quali registravano separatamente i risultati per riprodurli poi ad un auditorio di persone che dovevano dare un giudizio sui parametri qualitativi diversi, come la risoluzione, la prospettiva, la presenza, la continuità da palcoscenico, e così via.

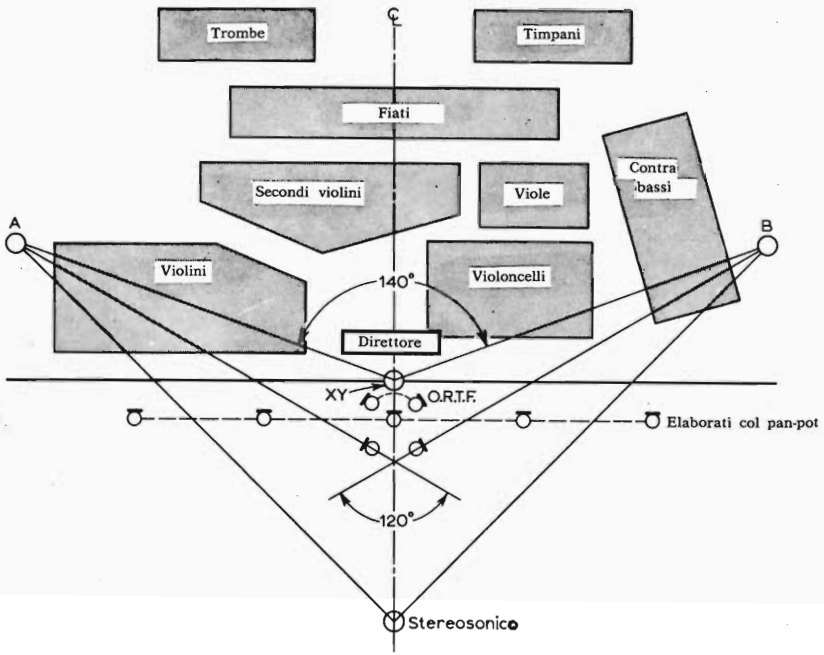


Fig. 7.11 Gli esperimenti Ceoen implicavano l'uso di parecchi sistemi microfonici di tipo diverso, compreso il semplice metodo « Blumlein », mostrato come XY, il sistema francese che usa microfoni a cardioide e a velocità (ORTF), il sistema MS, con una ricezione angolare maggiore, e la tecnica stereosonica, che usa anch'essa microfoni a cardioide, messi però molto più indietro e ad angolo più stretto, ed infine il metodo artificiale dei microfoni distanziati fra loro, con le uscite elaborate col « pan-pot » per la produzione di un segnale finale stereofonico.

Avendo partecipato sia come preparatore che come partecipante a molti di tali esperimenti, il sottoscritto sa benissimo a quale grado di pignoleria riesce ad arrivare il nostro orecchio, e, viceversa, quanto sia difficile riuscire a distinguere le differenze quando uno cerca di farlo di proposito.

Tuttavia gli esperimenti di Ceoen sono stati fatti con il giusto criterio, almeno così sembra, e le tavole dei risultati mettono in luce alcuni aspetti interessanti.

I tecnici rimasero « stupiti » dai risultati d'ascolto degli ascoltatori-cavia; di questi 34 occupavano posti favorevoli, men-

tre altre 30 persone erano disposte in maniera irregolare ed esse scelsero come « miglior compromesso » il metodo ORTF.

Ma la conclusione generale fu che la posizione d'ascolto aveva un effetto trascurabile sulla brillantezza e l'intimità sonora, qualsiasi fosse la tecnica microfonica, mentre « presenza, calore e fenomeni di ampiezza sonora più marcata » dipendevano fortemente dall'area d'ascolto stereofonica.

Nonostante il cinismo di chi scrive, gli esperimenti effettuati in queste condizioni possono essere valutati e collegati con altri, in modo da avere i risultati della situazione complessiva. La cosa più importante è la conoscenza delle tecniche con la disposizione dei microfoni separati fra loro, la loro relazione con la sorgente sonora, la loro fusione e la successiva elaborazione.

Nelle prove di Ceoen ciò si riduce a due grossi campi: il sistema stereo « vero » e quello « artificiale ». Il primo trasferisce la posizione della sorgente acustica direttamente sul palcoscenico sonoro. La tecnica si rifà più o meno a quella usata da Blumlein, con due microfoni coincidenti oppure leggermente spostati rispetto all'asse di simmetria.

I segnali destro e sinistro vengono captati quindi con una parziale correlazione fra loro. Ciascun canale di un sistema stereo bi-canale elabora poi questi segnali pre-miscelati, finché, tramite l'altoparlante, non riproduciamo il palcoscenico sonoro con un semplice « mixing » acustico.

Gli oppositori di questo metodo affermano che gli inconvenienti risiedono nell'ultima fase del processo: volendo essere scientificamente esatti la « riassimilazione » della stereofonia è possibile in realtà solo miscelando binauralmente i suoni che i microfoni captano, originalmente, un po' qua e là da ciascun canale.

I sistemi artificiali e quelli reali

La tecnica « artificiale » produce segnali non correlati provenienti da microfoni singoli, ben distanziati fra loro, e con i diagrammi polari messi in modo che non possano ricevere (o ricevere molto poco) il suono prelevato da altri microfoni.

La disposizione avviene quindi ripartendo opportunamente le relative intensità sonore. Si arriva così all'introduzione del « pan-pot ». Tanto per intenderci il pan-pot è un potenziometro panoramico, il quale istruisce semplicemente l'amplificatore dicendogli quanto segnale esso deve, o dovrebbe ricevere da ciascuna sorgente.

Spieghiamoci meglio chiarendo qual'è la disposizione della sorgente sonora: il sistema « reale » faceva uso di microfoni uguali con risposta a cardioide, con gli assi di risposta massima posti ad un angolo di 135°; il sistema Stereosonic usava due microfoni uguali a velocità, messi a 90°; anche i sistemi MS usavano una coppia di microfoni uguali, ma uno dei due, a cardioide, era diretto in avanti, mentre l'altro, a velocità, era disposto trasversalmente. Le uscite somma e differenza opportunamente combinate costituivano il segnale destro e sinstro.

Nel sistema di origine francese ORTF, si fa uso di due microfoni a cardioide distanziati, con gli assi di risposta masisma a 110° fra loro.

Anche un altro sistema, proposto dalla Dutch Broadcasting Foundation (NOS) usava una coppia di microfoni a cardioide distanziati di 30 cm e con un angolo di ricezione massima di 90°. Ma per il metodo artificiale si usarono microfoni posti a uguale distanza di fronte all'orchestra le cui uscite venivano elaborate con il « pan-pot ».

Tutto dipende

Deve essere ben chiaro che non esiste un modo di mettere i microfoni per una registrazione stereofonica che possa considerarsi il migliore. Dipende tutto dalle condizioni acustiche e dal modo in cui si effettua la registrazione.

Nel momento in cui scrivo le vecchie idee stanno subendo un cambiamento abbastanza radicale, grazie soprattutto all'assalto della quadrifonia, (o meglio, della perifonia) che usa metodi artificiali che in altre occasioni avremmo disprezzato, ma dobbiamo fare uno sforzo per riguadagnare la « ambienza » che i nuovi sistemi sono in grado di riprodurre (almeno così dicono).

Il fatto che alcune promesse risultino poi poco fondate, che quel po' di ambienza non sia altro che un'abile combinazione di

effetti stereofonici fra canale destro e sinistro, che il metodo di produzione introduca, anche quand'è discreto, tanta diafonia da rendere il suono che risulta un guazzabuglio confuso, ebbene, tutto ciò non spaventa affatto gli operatori economici del settore.

La soluzione ai moderni problemi sembra consistere nell'uso di cinquanta microfoni, elaborati prima col pan-pot e poi con un miscelatore computerizzato, e infine ricostruiti dalle uscite limitate di cui disponiamo nella nostra stanza d'ascolto.

Una singola coppia di microfoni a cardioide posti dietro e sopra la testa del direttore d'orchestra, opportunamente elaborati dall'amplificatore, e dall'altoparlante, unitamente all'acustica di una buona stanza d'ascolto, riescono a battere qualsiasi stregoneria multicanale.

I miscelatori

Anche i miscelatori stereo hanno i loro problemi ma quello principale sembra essere quello della diafonia. C'è però una questione che molto spesso viene trascurata: la scelta dei controlli e il progetto.

È relativamente facile accoppiare un certo numero di potenziometri variabili in modo che con una sola manopola sia possibile prendere due piccioni, cioè avere la possibilità di usare un controllo per la fluttuazione di frequenza ad uno stadio successivo, chiamandolo « Balance » (Bilanciamento), e rendere i controlli di tono indipendenti dalla posizione.

Ma le variazioni tra i vari controlli del bilanciamento dei canali sono in realtà abbastanza significative, e uno dei problemi che l'utente stereo deve risolvere è proprio quello delle variazioni di frequenza e di livello per le varie posizioni di controllo.

L'uso di un miscelatore con i canali completamente separati può essere molto più difficile — oltre che più costoso —, tuttavia se tracciamo un grafico della resistenza in funzione della frequenza per un generico resistore variabile di quelli descrittti prima usato per usi stereofonici, ne verrebbero fuori differenze talmente evidenti da mettere in agitazione qualsiasi vero esperto di hi-fi.

Ciononostante la maggior parte dei miscelatori hanno i controlli combinati, con un dissolvente « master » che aumenta o

Fig. 7.12 (sopra): Un semplice miscelatore stereofonico alla portata dell'amatore, col quale è possibile combinare segnali provenienti da giradischi, radio microfono, con il bilanciamento complessivo. (sotto): Una consolle di miscelazione professionale, azionata da ingegneri/musicisti, che permette di elaborare il suono che vi arriva nei modi più disparati.

diminuisce gradualmente le intensità (fader) il quale controlla il segnale d'uscita composto. Sono in preparazione uno o due registratori a nastro con possibilità di miscelazione in ingresso; essi vengono costruiti con i controlli variabili separati bloccati in modo che la linea trasversale di ciascuno sia uguale agli altri.

Ma il purista protesterà nuovamente sul fatto che tale metodo non elimina i problemi minori. L'unica vera soluzione sta nella miglior progettazione dei componenti variabili: sono disponibili ormai i potenziometri ceramici, che hanno un rapporto resistenza/angolare molto migliore.

I miscelatori con tutti i tipi di controlli immaginabili sono reperibili negli studi di registrazione. La loro progettazione va oltre gli scopi di questo libro, e ci vorrebbero almeno due capitoli solo per descriverli.

Con la mia esperienza personale nella progettazione di miscelatori d'ingresso per registrazioni con nastro mi sento di affermare che c'è ancora molto da fare in questo importante settore della stereofonia.

C'è ancora chi pensa a queste cose come a dispositivi « 2 volte mono », senza curarsi della diafonia e degli effetti angolari delle resistenze meccaniche.

La testina stereofonica da grammofono

Sulla traccia di quanto abbiamo visto nel capitolo 4 sulla produzione dei dischi, vogliamo illustrare qui quali sono i metodi costruttivi delle cartucce destinate a riprodurre le complesse forme meccaniche del solco trasformandole in segnali elettrici proporzionali ai segnali originali.

Prescindendo dalle dispute più o meno accese dei costruttori di testine, ognuno dei quali ha il proprio metodo preferito sempre superiore agli altri, dobbiamo qui generalizzare, cominciando a prendere in considerazione lo stilo incisore che produce i solchi

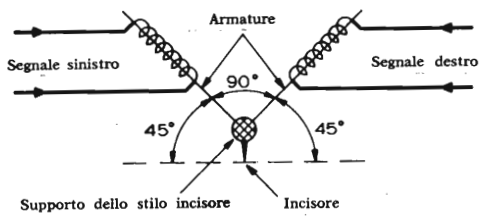


Fig. 7.13 Schema di principio con cui viene inciso il solco. La testina di lettura ne riproduce il movimento grazie alla sua capacità di « sentire » la modulazione delle pareti del solco.

sul disco. La Fig. 7.13 riassume la situazione, facendo vedere come viene inciso il disco 45°/45°.

Quando entrambi i canali sono attivi, lo stilo si muove lateralmente (come nelle registrazioni mono), e nel caso che i due canali abbiano segnali uguali ma sfasati tra loro, lo stilo si muove semplicemente in su e in giù.

Il suono effettivo è una combinazioone di entrambi i segnali che variano continuamente. L'informazione che arriva allo stilo incisore lo fa andare in su e di lato contemporaneamente, facendogli tracciare le complicate pareti del solco.

Lo stilo della testina riproduce i movimenti così come gli capitano. Esso deve « adattarsi » alle ondulazioni del solco, e trasdurre il movimento meccanico in un segnale elettrico. Da ciò si può capire come la « complianza » sia un fattore vitale.

Su questo termine se ne sono dette di cotte e di crude, ma esso sta ad indicare semplicemente la facilità con cui la puntina segue le forze verticali e laterali imposte dal taglio del solco.

Per ragioni di produzione discografica e per motivi legati alla progettazione delle testine, si considera soprattuttto la complianza laterale, cui ci si riferisce sempre, mentre la complianza verticale è la « capacità stereofonica » della testina, che pur avendo valori inferiori, è anch'essa importante per un buon risultato stereofonico.

Le caratteristiche della testina

La separazione stereo è limitata dalle caratteristiche del disco stesso e dalla configurazione meccanica, e può arrivare fino a —30 dB. Una buona cartuccia stereofonica dovrà avere tale caratteristica specificata sul suo depliant, ma il valore è riferito, di solito, a 1000 Hz, mentre la separazione effettiva su un intervallo di frequenze più ampio è presumibilmente peggiore (cioè più piccola).

La forza tra la puntina e il solco del disco è controllata dalla pressione che esercita il braccio, e i pesi di lettura hanno un ruolo importante nella riproduzione stereofonica, se non altro per quella discrepanza che c'è fra complianza verticale ed orizzontale.

Va ricordato che lo scopo è quello di mantenere il contatto

stretto fra lo stilo e le pareti intagliate del solco, e che ciò richiede una pressione verso il basso che bilancia, alla fine, le forze prodotte dal percorso modulato.

Se la massa efficace è troppo grande (la massa efficace della puntina è quella che il supporto dello stilo riflette sulla puntina), o se lo stilo non riesce a muoversi liberamente in su e giù, c'è bisogno di una forza d'appoggio più grande.

Questo si ripercuote non solo sull'usura del disco e della puntina, ma anche sulla riproduzione stereofonica.

Esiste, infatti, un limite meccanico. I dischi di vinile presentano una certa elasticità, e la pressione di contatto risulta essere di parecchie tonnellate per pollice quadro, anche con pochi grammi di lettura. È stato calcolato che quando la pressione sulle pareti da parte di uno stilo di 0.00127 cm. è maggiore di 2 grammi, il disco subisce delle deformazioni permanenti. (Fatemi dire subito prima di correre a controllare il vostro giradischi, che questo è il risultato che si ottiene con pesi di lettura di tre grammi: infatti il calcolo vettoriale si effettua con entrambe le pareti e porta ad un risultato che è i due terzi del peso suddetto).

La complianza

Si è parlato più volte della complianza dello stilo proprio per far capire che essa ha un ruolo fondamentale nella riproduzione stereofonica.

Lo stilo ideale dovrebbe avere una pressione d'appoggio che gli consenta di stare completamente giù, mantenendo contemporaneamente una assoluta libertà di movimento nelle varie direzioni; ma siamo ancora lontani da una situazione simile, anche

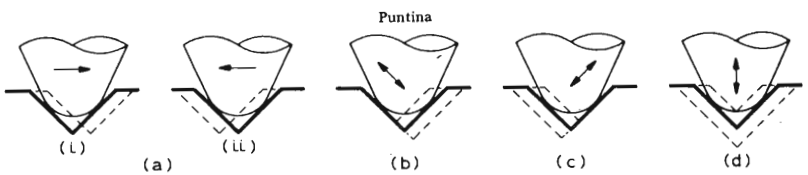


Fig. 7.14 Movimento dello stilo nella fase di riproduzione: (a) incisione laterale mono in fase, ogni mezzo ciclo, (b) canale sinistro solamente, (c) canale destro soltanto, (d) entrambi i canali uguali ma in opposizione di fase.

se alcune trovate pubblicitarie fanno di tutto per far credere il contrario.

La liberttà di movimento è la complianza (o cedevolezza, o elasticità), e si misura in unità che dipendono dalla distanza di deflessione (o compressione), espressa in centimetri, e dalla forza, espressa in dine. Si ottiene così la cosiddetta unità di complianza, che è uguale a una compressione o deflessione di un milionesimo di centimetro per una forza di una dina (10^{-6} cm/dina).

Le moderne testine hanno complianze dieci volte tanto, e la complianza dei dischi di vinile a 20° vale 3×10^{-8} cm/dina.

Tuttavia non è vantaggioso avere una complianza troppo alta, perché bisogna considerare pure le risonanze del sistema testina/braccio e la massa efficace della puntina, oltre all'impedenza meccanica. Come tutte le cose legate alla stereofonia, anche il progetto della testina deve sottostare a certi compromessi. Per ulteriori dettagli vi posso raccomandare l'ottimo libro di John Earl, *Pickups and Loudspeakers*, edizioni Fountain.

Le testine del tipo somma e differenza

Per avere una visione completa sull'argomento sono costretto nuovamente a rimandarvi al testo di John Earl, dove le numerose illustrazioni e la descrizione molto accurata possono dirvi molto di più di quello a me possibile nel ristretto ambito di questo libro.

Ma siccome siamo in argomento devo soffermarmi un po' su alcuni tipi specifici di testine.

C'è, per esempio, la testina a somma e differenza, come il modello Mark 4 della Decca. Nel capitolo 1, e poi nuovamente nel capitolo 4, abbiamo avuto a che fare col metodo di incisione « collina-valletta », il precursore dell'attuale 45°/45°.

Con un po' di matematica si può vedere che il metodo laterale e quello collina-valletta portano alla stereofonia nello stesso modo con cui, usando tecniche diverse, ci si arriva oggi.

È possibile disporre il pick-up in modo che lo stilo sia in grado di esercitare forze che si traducono in sensibilità verticale e laterale.

Considerando il sistema a tre bobine di Fig. 7.15, vediamo come, a parità di velocità dello stilo in ciascuna direzione, la tensione del segnale indotto nella bobina laterale eguagli quella delle bobine verticali. Modulando uno dei canali, e sebbene la

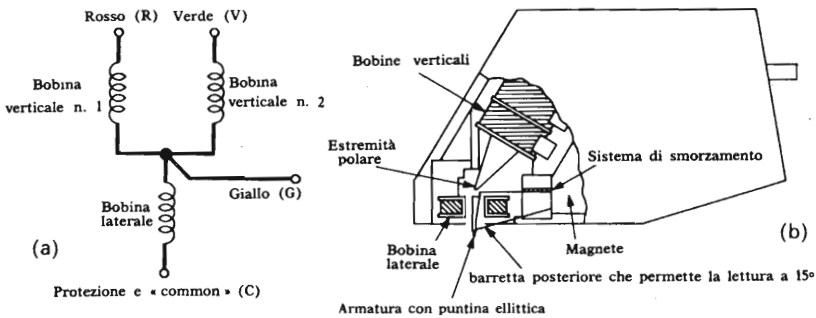


Fig. 7.15 (a) la disposizione della bobina nella testine a somma e differenza, e (b) uno spaccato della Decca Mark 4, da cui si può notare la costruzione.

f.e.m. in ciascuna bobina sia la stessa, la differenza di fase fa in modo che tra C ed R compaia la somma dei segnali presenti sulla bobina laterale e quella verticale 1, mentre il segnale fra C e G è nullo, a causa della opposizione di fase fra il segnale della bobina verticale 2 e quello della bobina laterale.

La cosa opposta vale quando c'è segnale solo sull'altro canale. I segnali sono, nuovamente, uguali ma in opposizione di fase, quindi si cancellano tra loro. In altre parole, per la stereofonia si fa uso di tre bobine, mentre per la riproduzione mono c'è solo la bobina laterale impegnata a trasdurre il segnale.

Queste testine a somma e differenza sono essenzialmente quelle del tipo a riluttanza variabile, in cui le vibrazioni del supporto dello stilo fanno variare il flusso di due bobine, avvolte e collegate fra loro in modo da essere praticamente in serie, fornendo così sulle connessioni esterne un segnale di tensione complessivo.

Il fatto tecnico rilevante di queste testine è che l'ampiezza della tensione del segnale cresce proporzionalmente alla variazione del flusso e alla velocità dello stilo.

Le testine a forza diretta

Le cartucce a forza diretta sono disponibili sotto varie forme, e comprendono tutti i tipi a cristallo e ceramici.

La massa della puntina può essere ridotta montandola su un'asticella (cantilever) che sorregge lo stilo, e anche qui ogni

costruttore ha le proprie opinioni sul progetto perfetto. Una variazione che può interessare è la testina a torsione (vedi Fig. 7.16).

Grazie all'uso di frammenti di silicio e funzionando sul principio dei semiconduttori, tale dispositivo dovrebbe avere una distorsione bassissima e un'uscita ragionevolmente alta, se ben costruito. L'inconveniente è che la sua riposta sulle basse frequenze può essere *troppo* buona, quindi è bene inserire il filtro del « rumble » (« rombo ») sull'amplificatore quando si usano queste testine.

Abbastanza interessante, anche se di difficile diffusione, è la testina a lettura foto-elettrica, il cui principio di funzionamento, illustrato in Fig. 7.17, si basa sull'interruzione di un fascetto luminoso, che colpisce una cellula foto-elettrica, da parte di uno schermo bucato solidale con lo stilo. Anche qui la massa efficace della puntina può essere resa piccola, perché la parte « attiva » della testina non è elettricamente accoppiata al dispositivo di trasduzione.

Ma la cosa più importante in relazione al tema del libro, è che la diafonia è molto bassa, e fa pensare a delle buone prestazioni stereofoniche — sempre se la costruzione è fatta secondo la teoria.

I tipi a bobina mobile

Molte delle testine usate attualmente in impianti hi-fi sono del tipo a bobina mobile. Il principio è ben noto anche se in pratica i metodi per far muovere una minuscola bobina nel campo di un magnete permanente allo scopo di indurre nella bobina delle correnti proporzionali al suo movimento sono molti e svariati.

Concettualmente simile alla testina a magnete mobile, ma con i movimenti invertiti e con un diverso tipo di lavorazione, questa testina nacque anch'essa con lo scopo di ridurre la massa effettiva della puntina.

Una tipica testina moderna a bobina mobile è la Goldring G800, costituita in molti modelli dalle caratteristiche differenti ma, essenzialmente, con lo stesso corpo e con diversi stili. La versione G800E è corredata da uno stilo di diamante ellettico, con l'asse maggiore che segue le modulazioni delle

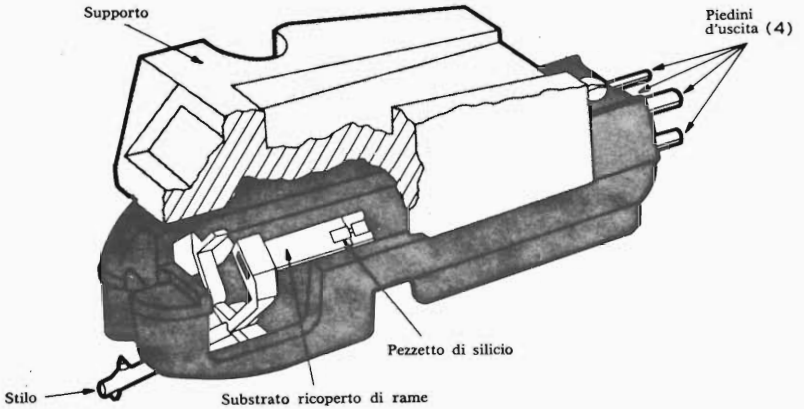


Fig. 7.16 La testina a « misura di sforzi » sezionata per illustrare la costruzione. Questo tipo si comporta come un trasduttore a semiconduttore, ed ha bisogno di una sorgente di corrente continua esterna che viene poi modulata dal movimento dello stilo.

pareti del solco, mentre l'asse piccolo dell'ellisse segue le curve del solco molto meglio di quanto potrebbe farlo uno stilo sferico (o conico).

In questi tipi di pick-up l'uscita cresce con la velocità di modulazione. La fig. 7.1 (b) illustra il principio base di funzionamento, prendendo, per semplificare, una testina mono.

Per gli usi stereofonici si impiegano due bobine, una per ciascun canale, con l'attacco all'asticella porta puntina in comune. Il vantaggio di questi progetti sta negli ottimi risultati ottenibili a basso costo e, se posso aggiungere un'osservazione personale, nelle prestazioni estremamente rilevanti.

L'uscita di una testina, caratteristica di cui si è parlato nel paragrafo precedente, va riferita ad una velocità di registrazione ben precisa. Infatti di solito si dà un livello in millivolts, riferito a una freguenza nominale, tipicamente 1 KHz. Ma questa uscita è misurata per una velocità specifica, forse 1 cm/S, mentre la velocità media di registrazione è di 5 cm/S circa. Bisogna fare attenzione alle specifiche delle testine; e soprattutto vedere se i dati d'uscita sono stati misurati in condizioni di favore e se valgono su tutto lo spettro e per tutte le velocità.

Il tracciamento

La costruzione della testina e la meccanica del movimento dello stilo hanno un'importanza tale da rendere necessaria un'attenzione tutta particolare al tipo di sospensione da usare.

Il braccetto e la sua sospensione hanno suscitato tante controversie che non mi sento di aggiungere anche la mia opinione; tuttavia bisogna dire che dal punto di vista della stereofonia, il tracciamento é « tremendamente » importante. Quando il disco viene inciso, come abbiamo già visto, l'incisore traccia seguendo una traiettoria dritta dal bordo verso il centro del disco, descrivendo una traiettoria radiale.

Il bracco a « pivot » (che gira su un unico perno) riscuote la nostra simpatia solo per il costo contenuto, per la semplicità, per gli effecaci compromessi e la facilità di costruzione; esso ha solo una o due eccezioni naturali (l'ultima in ordine di tempo è il modello B&O 4000, che ha destato molto interesse alla Autumn Audio Fair del 1972).

Il movimento del braccio di lettura imperniato è tale da fargli descrivere una linea curva invece che retta.

Quindi le forze applicate dal solco del disco alla testina che vi scorre sopra non sono quelle che dovrebbero essere. Più lungo è il braccio, minori sono le deviazioni dalla traiettoria radiale, ma ciò comporta un aumento dei problemi d'attrito della sospensione.

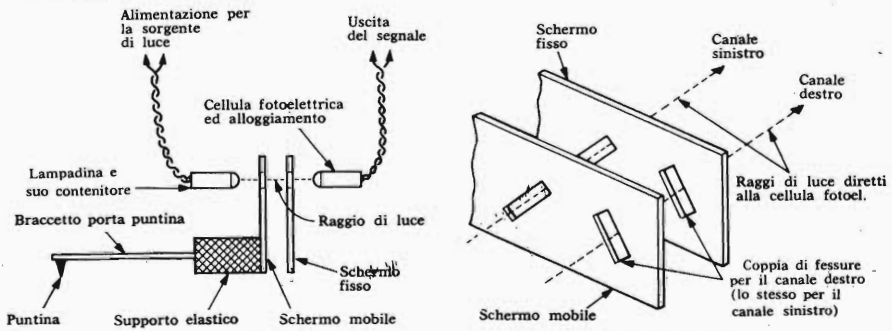


Fig. 7.17 Le testine fotolettriche possono dare, in teoria buone prestazioni per quanto riguarda la diafonia. In generale, più luce colpisce la cellula e maggiore è la tensione d'uscita. Ritagliando su uno schermo mobile delle fessure a 45° (lo schermo è solidale con lo stilo) si raccoglie una quantità di luce variabile che dà origine alla tensione d'uscita.

Fig. 7.18 Il tracciamento è essenziale per la preservazione dell'immagine stereofonica. Questa tripla esposizione del Garrard Zero 100 illustra il tipo di problemi che devono risolvere i progettisti di testine; questo modello è dotato di un dispositivo per il tracciamento parallelo che permette di mantenere la testina in linea col solco a mano che il braccio descrive il raggio necessario.

Una soluzione parziale consiste nel curvare (cioè nel deviare) il braccio in modo tale che l'angolo fra la testina e il solco del disco si avvicini il più possibile a quello dell'incisiore originale. Un tipico esempio è il braccio SME, mostrato su parecchie delle nostre foto, ora disponibile in una versione super-perfezionata, la Mark-II, che ha un attrito ancora minore anche se non ha i guscio portatestina estraibile.

Una soluzione alternativa è quella di mantenere il braccio dritto, cambiando però l'angolazione della testina mentre questa si muove lungo il disco. E' quello che ha fatto la Garrard, molto ingegnosamente, col modello *Zero* 100 (vedi fig. 7.18), un componente che merita la popolarità di cui gode, anche perché la combinazione braccio-piatto possiede molti altri pregi, oltre al dispositivo di tracciamento.

La correzione alla spinta laterale è origine di pareri molto

contrastanti fra loro. Essa consiste nel compensare la forza centrifuga con una forza variabile che si oppone alla forza non bilanciata esercitata dal solco sulla puntina. Forse è stata data troppa importanza a questo effetto, tuttavia devo sottolineare che per una buona stereofonia è meglio avere le varie forze agenti equilibrate fra loro.

Esistono molte variazioni: di nuovo, vi rimando a *Pickups and Loudspeakers* di John Earl; esistono però alcuni progetti recenti molto interessanti che usano una compensazione a polarizzazione magnetica e sui quali è bene dire qualcosa.

Essi riescono ad eseguire il bilanciamento in maniera semplice ed efficace grazie ad alcuni magnetini fissati al sostegno del braccio e del perno di sospensione, sagomati in modo da fornire uno scarto variabile. Altre alternative sono i dispositivi foto-ottici, che fanno uso di fessure su uno schermo mobile. Sfortunatamente non abbiamo lo spazio per descriverli qui; possiamo solo concludere ribadendo il fatto che per ottenere una buona stereofonia dal disco, il bilanciamento, e la disposizione della testina devono essere i migliori possibili.

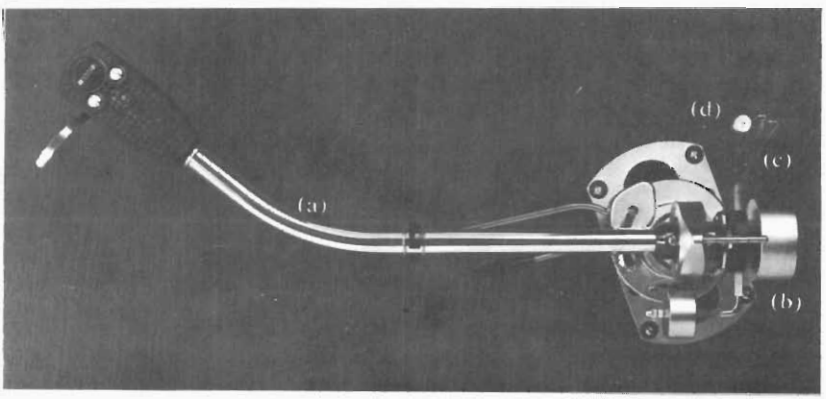


Fig. 7.19 Vista posteriore del braccio di lettura SME 3009 Series II, ritenuto uno dei migliori braccetti in assoluto. (a) La curvatura del braccio serve a ridurre l'errore di tracciamento, (b) dietro il fulcro del braccio vi è il pesetto per il bilanciamento, (c) il braccetto piccolo a lato porta il contrappeso regolabile per la giusta pressione d'appoggio, e (d) il metodo col filo sospeso per la compensazione della forza centripeta.

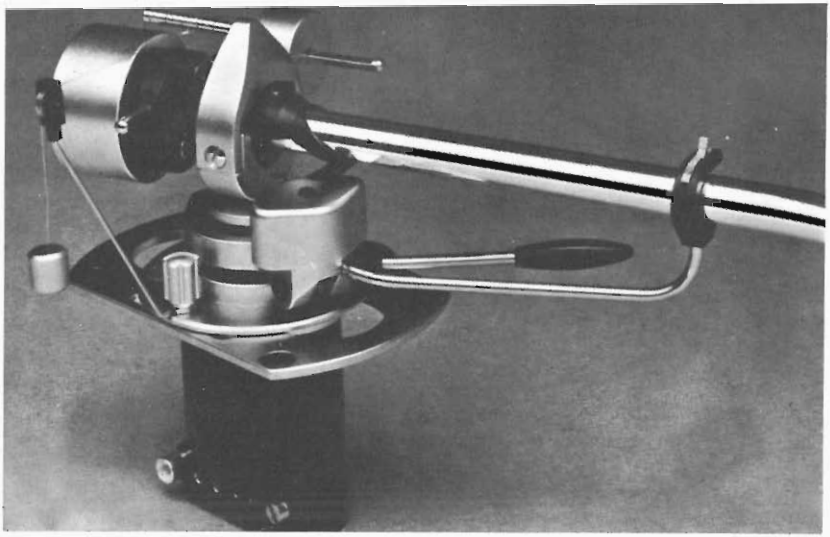


Fig. 7.20 I metodi per la regolazione dell'antiskating sono molteplici, tuttavia è bene fare attenzione all'adattamento del « bias » con il peso di lettura, regolandosi con le tacche (a), come nel modello in figura.

§ — Stereofonia su nastro

Per un'ironia della sorte, nonostante occupi il posto più importante nell'attuale situazione di mercato dell'Hi-Fi, non c'è molto da dire su questo settore della stereofonia.

Abbiamo visto in precedenza quanto il nastro sia vitale nella fase di produzione del disco, soprattuto per la facilità con cui viene prodotto. Con gli attuali sistemi di riduzione del rumore si possono incidere nastri eccezionalmente buoni, e un ascolto attento rivela subito gli sbagli occasionali.

Perchè dunque tanta indifferenza in un libro come questo rispetto ad un mezzo come il nastro? Ebbene, in parte perchè nella seconda edizione del mio libro precedente *Tape Recorders* (Ed. Fountain) potrete leggere tutti i dettagli che lo spazio qui non ci permette, e poi perchè il nastro è uno di quei mezzi che sono in grado di offrirvi tutta la buona stereofonia che desiderate, senza complicate regolazioni!

Se date un'occhiata ai capitoli introduttivi, vedrete che lo scopo principale della produzione dell'immagine stereofonica è quello di offrire una parvenza del suono originale. In secondo luogo, si rende necessario mantenere separati gli stadi di entrata e uscita, di modo che i segnali originariamente sul canale sinistro non giungano, se non voluti, sul canale destro;

né ci devono essere distorsioni, nei due canali, derivanti dal « mescolamento » dei segnali.

Se date un'occhiata agli avvisi pubblicitari, troverete quanto sia difficile per i progettisti avere una buona separazione in amplificatori, testine di giradischi e registratori a nastro.

Tuttavia il problema è meno arduo per i registratori. Il nastro è, di per sé, discreto: tutto dipende dall'accoppiamento nastro-testina.

Progetto della testina

Sia che abbiamo a che fare con nastri a bobina da 1/4 di pollice « nominali », sia che usiamo le cassette da 1/8 di pollice, sempre « nominali », la separazione fra le tracce, e quindi fra i canali, dipende moltissimo da come è progettata la testina. La Fig. 7.21, che conclude questo capitolo fin troppo lungo, dovrebbe dare un quadro completo della situazione. Le tracce possono essere tenute separate grazie alla configurazione della testina e a molti altri accorgimenti che non staremo qui ad elencare.

Vorrei raccomandare ai lettori desiderosi di ulteriori informazioni di studiare quanto scrive Basil Lane in *Wireless World* ed in *Hi-fi Sound*. Nel frattempo non posso fare a meno di riportare quanto scrive questo eminente personaggio in un articolo su « La compatibilità del nastro audiomagnetico », apparso nel numero dell'aprile 1973 di « Wireless World », di cui Mr. Lane è ora vice-direttore.

« La relazione che c'è fra il nastro magnetico e l'apparecchio è delle più complesse. Abbiamo trovato che le prestazioni complessive cambiano considerevolmente al variare del tipo di nastro o della marca ... ».

La mia opinione su questo è che pochissimi utenti di registratori a nastro per uso stereofonico hanno ben compreso l'importanza della giusta scelta del nastro per il loro apparecchio: e, cosa più grave, non sanno che le prestazioni stereofoniche possono dipendere dalla scelta del nastro — e, in particolare, dalla scelta della cassetta.

La Philips, nella sua infinita saggezza — unita a una garanzia commerciale della compatibilità — ha scelto di promuovere il sistema delle due tracce che scorrono nella stessa direzione, registrate su un nastro di appena 0.15 pollici.

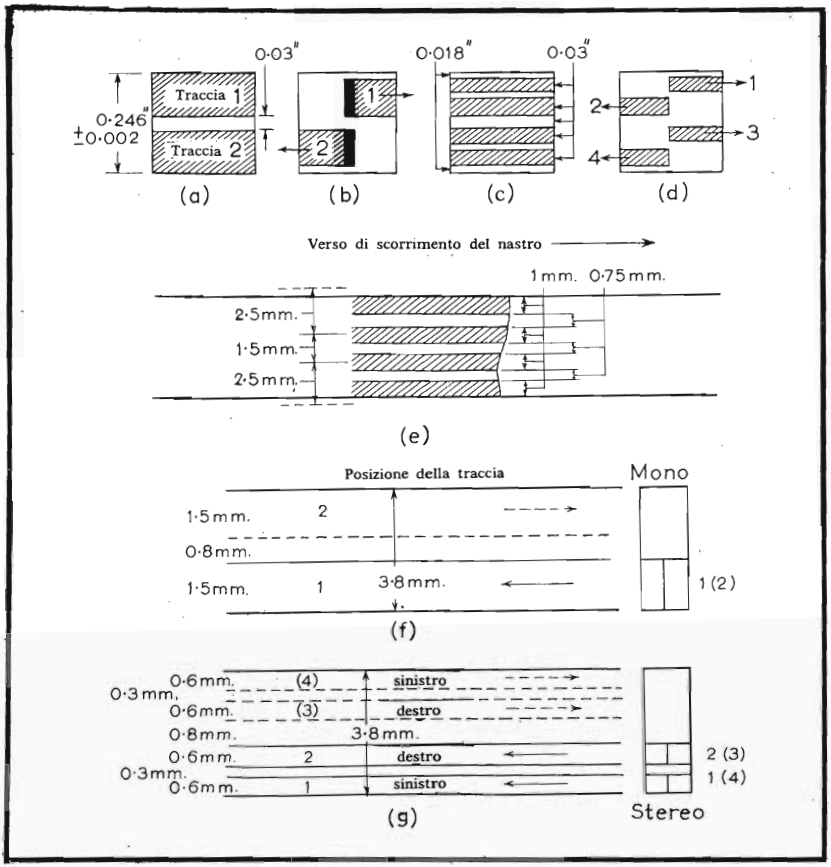


Fig. 7.21 La qualità stereofonica dipende, nel caso del nastro, dalla separazione fra le tracce. Le prime registrazioni domestiche, che utilizzavano registrazioni su mezza traccia, sfruttavano il movimento del nastro da sinistra verso destra, e quando venne introdotta la stereofonia il senso di scorrimento rimase lo stesso, mentre la traccia superiore diventò il canale sinistro. Con la registrazione a quattro tracce (un quarto della traccia) si è mantenuta la compatibilità facendo diventare le tracce 1 e 3 il segnale stereofonico destro e sinistro, leggendo dall'alto in basso e con la traccia 1 recante sempre il canale sinistro. Ma con l'introduzione delle cassette la compatibilità impose l'uso di tracce adiacenti parallele, una per ciascun canale, come è mostrato nella parte (g) del nostro schema. Il confronto con la configurazione standard a 4 tracce può essere fatto osservando la parte (e).

Nonostante ciò abbia portato, inevitabilmente, a una riduzione della separazione stereo, bisogna dire che la cosa mise in agitazione i cervelli dei progettisti di testine; infatti i tecnici della Woelke tedesca, della Marriot Magnetics Ltd e della Phi Magnetronics britanniche, sono riusciti a produrre dei componenti di alta qualità che sono in grado di offrire separazioni fra le tracce molto superiori a quelle ottenibili con qualsiasi altro mezzo, perfino con le cassette standard.

Devo prendere atto, anche se a malincuore, che nel 1973 i valori di diafonia non furono presi in considerazione dal British Standards Institute per l'I.E.C. Si parlò molto della corrente di premagnetizzazione e del rapporto segnale-disturbo, ma la conclusione che si trae leggendo le direttive dei sapientoni è che essi ragionano ancora in termini di registrazione a tutta traccia su un singolo canale. Per fortuna le specifiche DIN danno alcuni valori per la diafonia, ma rimandiamo la loro discussione al prossimo capitolo.

8. Stereofonia e alta fedeltà

Per molte persone stereofonia ed alta fedeltà sono la stessa cosa ed alcuni pubblicisti di impianti audio vorrebbero farcelo credere.

Io mi limiterò a dire che è difficile avere l'alta fedeltà se non si ascolta in stereo — o meglio, in più canali effettivi. Ma il contrario non è decisamente vero.

Solo perché un sistema audio è stereofonico, ciò non lo classifica automaticamente come sistema d'alta fedeltà.

Per il resto di questo capitolo, mi propongo pertanto di esaminare cosa si intenda per alta fedeltà, — o, più semplicemente, hi-fi, se è possibile definire questo termine realmente e come la stereofonia contribuisca al suo raggiungimento.

Definizione di hi-fi

Cosa si intende per hi-fi? Il termine può essere interpretato alla lettera (cioè alta-fedeltà: piena rispondenza col suono originale), ma se proprio vogliamo capire cosa c'è sotto questo facile approccio, dobbiamo renderci conto che nessun impianto, per quanto sapientemente progettato, è in grado di soddisfare le nostre esigenze.

Bisogna prendere in considerazione le condizioni in cui avviene l'ascolto del suono riprodotto. Mettere un'orchestra sinfonica con novanta elementi nel salotto di casa non è scherzo da poco!

La prima cosa da chiarire è la questione dell'acustica, delle caratteristiche dell'orecchio umano, della gamma sonora che ci

aspettiamo di udire (e sentire!), dell'intensità di questi suoni, del tono e degli effetti combinati. Estenderemo poi il discorso occupandoci degli effetti della stanza d'ascolto sui vari tipi di suono che ci raggiungono.

Quello che noi intendiamo per alta fedeltà è il conseguimento di una riproduzione *soggettiva* del suono originale: il nostro impianto deve essere in grado di rendere il suono originale con tutte le sue sfumature tonali senza aggiungervi nessuna colorazione.

Esso deve poter fornire una potenza acustica tale da darci l'impressione della situazione originale.

La gamma dinamica

La prima cosa, poi, consiste nel dare un'occhiata alla sorgente sonora dal punto di vista dinamico. Qual'è l'intervallo di frequenze che si vuole riprodurre, e che tipo di potenza sonora bisogna utilizzare?

Le Figure 2.1 e 2.2 rispondono in parte a queste domande, anche se sollevano altri problemi connessi con la gamma dinamica del suono musicale, degli effetti sonori e della voce.

Sebbene l'orecchio risponda a suoni da sotto i 30 Hz fin sopra 1 KHz (con punte di 20 KHz nei ragazzini sani e di 10 KHz quando si comincia ad invecchiare), la nostra abilità nell'interpretare i suoni ascoltati viene modificata dal volume del suono stesso.

L'ampia gamma di volume e di frequenze da riprodurre richiede una progettazione molto accurata se si vuole utilizzare l'impianto hi-fi con successo. Per esempio, una normale orchestra può produrre durante un passaggio forte qualcosa come 70 watts (acustici), mentre un violino in uno dei suoi dolci passaggi produce forse 0,0000038 Watts. Si tratta di un rapporto di intensità di diciotto milioni a uno. Prendendo la radice quadrata dell'intensità, abbiamo ancora un rapporto di pressione sonora di 4250:1.

Il nostro ascolto è logaritmico. Ciò significa che le nostre orecchie rispondono a variazioni proporzionali al livello sonoro, non a livelli assoluti. Ogni volta che l'intensità sonora si raddoppia noi udiamo la stessa variazione di sensazione sonora (o

loudness); questo vale sia che ascoltiamo un sussurro seguito da un altro di volume doppio, sia che confrontiamo il « boom » di un fucile a due canne. Nello stesso modo, anche la nostra sensazione dei toni segue un andamento logaritmico; infatti quando ogni frequenza si raddoppia si ha pressappoco una variazione di un'ottava — (vedi la Fig. 2.2). A causa di questo trucco del nostro apparato uditivo, quando si parla di livelli sonori conviene esprimersi in decibels.

Il decibel

I decibels sono rapporti, non quantità concrete. È importante capire questo concetto prima di andare avanti. Il decibel è un mezzo conveniente per la misura di potenze *relative*; non ha senso dire che si è ascoltato un suono di 60 decibels (dB), perché il suono deve essere riferito a un valore nominale noto. Così si trova che l'intervallo dei decibel è riferito a una certa pressione sonora, p. es. 0 dB = 0,0002 dine per centimetro quadro (dine/cm^2).

Gli aumenti di intensità sonora vanno confrontati con questo livello; anche la diminuzione può essere espressa in questo modo, come quantità negativa. Il livello di riferimento di 0,0002 dine/cm^2 è collegato in qualche modo con la nostra soglia di udibilità, la quale, come si vede dalle curve di loudness, può cambiare al variare della frequenza, raggiungendo la massima sensibilità intorno ai 3.000 cicli al secondo.

Grazie a questa comoda proprietà di « raddoppiamento » dei decibels, possiamo ora trasformare il rapporto di 18 milioni a uno in una quantità più facile da maneggiare. Esso diventa 72 dB. Forse quelli che stanno in prima fila ai concerti si aspettano anche variazioni di 100 dB quando ascoltano, per esempio, la quinta sinfonia di Prokofiev, ma la gamma dinamica che il nostro impianto utilizza mediamente è di 60 dB circa. I 72 dB di cui sopra, rappresentano il rapporto fra il suono più leggero e quello più forte, che può variare fra i 30 e i 102 dB. Il livello di rumore di fondo dell'ambiente e quello non eliminabile può raggiungere, in una sala da concerto, anche i 30 dB.

L'unità di loudness, che è la stessa del decibel sopra lo zero ed alla frequenza di 1000 Hz, è nota come il fon, e può essere

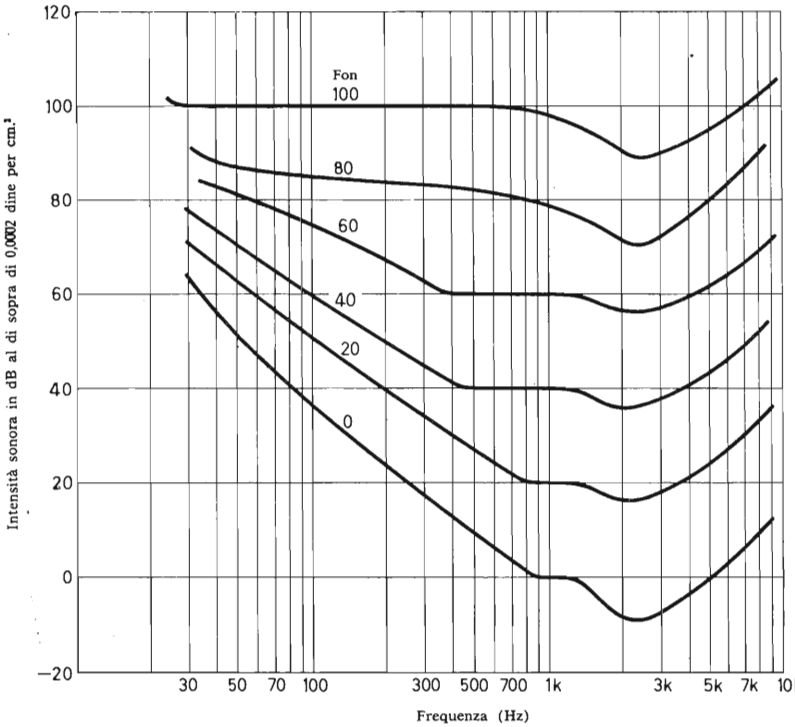


Fig. 8.1 Prima di parlare di alta fedeltà dobbiamo dare un'occhiata a queste curve: esse ci dicono come le varie frequenze « agiscono » e influenzano il nostro ascolto per diversi valori di intensità sonora. Molte delle misure effettuate sugli apparecchi stereofonici tengono conto di ciò esprimendo alcuni valori come « pesati ».

usata come un'unità definita — per essere corretti, la relazione esatta tra fon e decibel vale però solo a questa frequenza. Questo spiega perché questo venga spesso preso come livello di riferimento.

I livelli in decibels

Oltre ad esprimere i rapporti di pressione sonora il decibel serve anche per altre cose utili. Esso viene usato per confrontare potenze, tensioni o correnti. La differenza fra i livelli di due

potenze (P1 e P2) è data da $NdB = 10 \log_{10} (V1/V2)$, ovvero $20 \log_{10} (I1/I2)$; infatti vale la $P = I^2R$ oppure V/R, e quando andiamo a fare il quadrato del logaritmo non facciamo altro che moltiplicarlo per 2. Il 10 e il 20 stanno ad indicare semplicemente che il decibel, usato per comodità, è in effetti la decima parte dell'unità bel.

Non c'è bisogno di fare conti complicati per tenere a mente la relazione dei decibel. Per comodità può essere sufficiente ricordare alcuni rapporti significativi, come, per esempio:

tensione
2:1 = 6 dB
10:1 = 20 dB
100:1 = 40 dB
1000:1 = 60 dB

Per ottenere le altre combinazioni basta aggiungere i valori in decibel, ottenendo p. es.:

20:1 = 20 + 6 = 26 dB (cioè, 10 × 2:1)
200:1 = 40 + 6 = 46 dB (100 × 2:1)

Inoltre, per avere dei riferimenti esatti, ci sono le tavole che danno i decibels convertiti in rapporti di potenze (e rapporti di tensione) e viceversa, rapporti di potenza in decibels. I valori non compresi nelle tavole possono essere ricavati facilmente. Se si sommano due valori in dB, basta moltiplicare i rapporti.

Gli svantaggi dei filtri

Sulle frequenze medie ed alte siamo in grado di giudicare differenze nei livelli sonori su un'ampia gamma dinamica e con relativa facilità; ma a frequenze più basse, specialmente sotto i 100 Hz, le nostre orecchie non sono così sensibili.

Se guardiamo un attimo il contorno della curva di loudness di Fig. 2.1, vediamo che alle frequenze più basse le varie curve sono più vicine fra loro di quanto non lo siamo a frequenze medio-alte. Qui variazioni abbastanza grosse del loudness producono stimoli molto piccoli. Questo è uno dei motivi per cui, quando togliamo un controllo di guadagno, la sezione dei bassi è quella che perdiamo per prima; per lo stesso motivo il « rumble » (« rombo ») del motore del giradischi diventa sempre più fastidioso all'aumentare del guadagno di un amplificatore.

Per ovviare a ciò, si usano spesso dei controlli di guadagno compensati. Questi variano i livelli estremi dello spettro audio

in modo da adattarli alle caratteristiche dell'orecchio umano. Questi controlli di « loudness » vanno trattati con cura, come bisognerebbe fare del resto, ogni volta che si usano filtri il cui effetto è quello di ridurre il rumore elettronicamente, facendo perdere spesso un po' dell'informazione di base.

Tuttavia l'ascolto è sempre un compromesso fra l'ideale e quello che ci possiamo permettere. Quindi i filtri anti-rombo, i controlli dei contorni e i compensatori del loudness possono diventare diavolerie necessarie se non possiamo permetterci di utilizzare controlli esterni.

Per varie ragioni, che hanno a che fare con l'ambienza della sala da concerto o dello studio e con la relativa insensibilità (o vivacità eccessiva) dell'ambiente domestico, si ha che più piccolo è l'auditorio e la riverberazione originale, più ci si guadagna nell'ascolto binaurale.

Le forme d'onda complesse

I sistemi stereofonici sono auspicabili non solo per il realismo che danno, ma anche perché riducono le interferenze non volute e sono in grado di elaborare opportunamente le forme d'onda complesse. Il nostro cervello riconosce i suoni in base alla struttura della forma d'onda e grazie ad uno strano effetto di « coscienza temporale » che potremmo descrivere come « ascolto dell'attacco ».

Come esempio, consideriamo un colpo di « cassa » della batteria, un suono prontamente riconoscibile, comune sia alla musica « seria » che a quella « pop ». L'effetto uditivo che ci permette di identificare un tale suono è la somma (o integrale) temporale dei livelli di pressione, che è una funzione del prodotto fra livello sonoro e durata temporale. Tutto questo avviene in meno di un secondo. Subito dopo, si ha un suono di riverbero che dura un po', per assicurarci che si è trattato proprio del suono di una cassa di batteria e non dello scoppio di un tuono.

Il « clash » (o urto) dei piatti è un altro esempio, così come un'arpa o una chitarra pizzicata, e i suoni di percussione del pianoforte. Per questi suoni c'è bisogno di dispositivi capaci di recepire l'aumento improvviso del livello sonoro e lo smorzamento che ne segue. Se registrate su nastro un arpeggio di pianoforte e poi lo fate girare al contrario, avvertite subito che

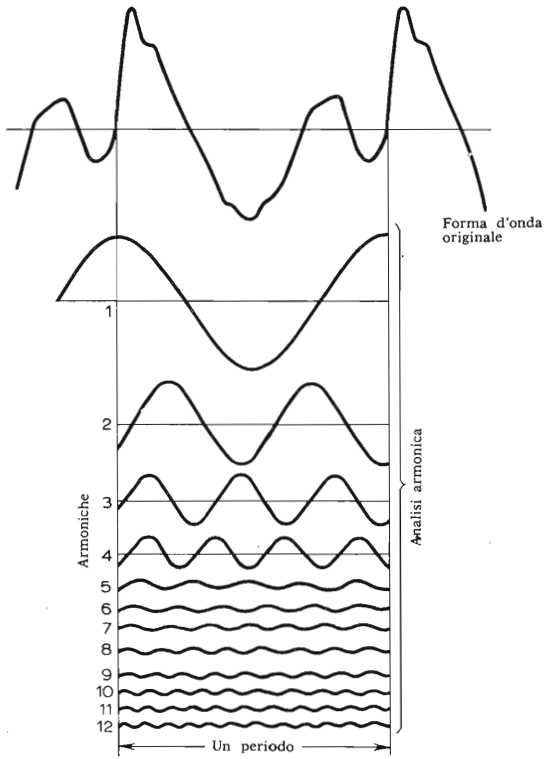


Fig. 8.2 Grazie all'analisi di Fourier una forma d'onda complicata può essere composta in un certo numero di sinusoidi di frequenza ed ampiezza variabili. Quello che è difficile da preservare è la loro intercorrelazione (che varia, tra l'altro, continuamente). Le armoniche sono multiple della frequenza fondamentale e a mano che aumentano di ordine non necessariamente decrescono in ampiezza.

manca qualcosa, perché le note ci giungono senza *l'attacco*. Gilber Briggs descrive il suono, nel suo libro *Musical Instruments and Audio*, come *un armonium fatto in casa, anemico, che si lamenta come se fosse agonizzante*. E, tutto sommato, non sbaglia di molto!

Tutto questo sta a significare che il nostro impianto non solo deve avere livelli di potenza adeguati e risposte in frequenze ampie e fedeli, ma anche la capacità di riprodurre quei suoni

dall'attacco improvviso — ovvero i transienti. Nella catena che va dalla sorgente sonora all'altoparlante, l'elemento che più contribuisce a questo effetto è l'amplificatore.

Avendo quindi capito dove sta il bandolo della matassa, possiamo passare a considerare gli altri componenti della catena d'ascolto. Il che ci porta subito a considerare quello che è la cosa principale di questo argomento — quali sono le specifiche che deve avere il nostro impianto, e perché.

Le specifiche degli amplificatori

Risposta in frequenza: l'accuratezza della riproduzione dipende dalla gamma di frequenze che il sistema è in grado di riprodurre senza distorsione. Noi siamo in grado di rivelare variazioni di livello sonoro di 1 dB in condizioni ottimali — a parte i problemi tecnici che ciò comporta. Anche una specifica entro più o meno 2 dB rispetto all'intervallo di frequenza normale da 30 Hz a 20 KHz può considerarsi già molto buona.

È possibile mantenere le variazioni di frequenza entro $\pm$ 1 dB su un intervallo di 40-15 KHz e su qualsiasi potenza, ma migliorare questa specifica significa spendere sempre di più, sia che vogliamo allargare l'intervallo sia che vogliamo ottenere una risposta sempre più « piatta ». Vale la regola della diminuzione del reso.

Anche se non possiamo ascoltare le frequenze che stanno, diciamo, sopra i 15 KHz, ci sono alcune considerazioni progettuali da fare. La prima è che per un amplificatore con una certa quantità di controreazione la banda riprodotta dovrebbe contenere almeno un'ottava in più rispetto alla gamma audio se non si vuole perdere in stabilità. In secondo luogo per evitare il « ringing » (*), la curva deve seguire un andamento con pendenze non superiori a 6 dB per ottava, e questo implica ancora un intervallo complessivo più esteso. Terzo, per riprodurre le onde quadre c'è veramente bisogno di una banda passante pari a *dieci volte* la frequenza.

Distorsione: anche se la risposta di un amplificatore è ra-

(*) N.d.t. Fenomeno dei transienti oscillanti che si innescano all'uscita di un sistema in seguito a variazioni improvvise dell'ingresso.

gionevolmente piatta, si può avere che il segnale da esso elaborato produca una vaga sensazione di disagio. Non si riesce a toccare con mano la differenza finché non si effettua un paragone con un impianto di maggior qualità. La *distorsione non-lineare* si ha quando al suono originale si aggiungono delle armoniche spurie, dovute a difetti della catena di riproduzione.

Nell'amplificatore ciò può essere dovuto a polarizzazioni incompatibili, specie nei circuiti d'uscita con i transistors collegati a « push-pull », alimentati da una sorgente di potenza mal regolata.

In effetti questo fatto è così importante che le norme DIN prescrivono per i fattori di distorsione valori non superiori all'1%; per i preamplificatori tale norma deve valere sull'uscita massima da 40 Hz a 4.000 Hz, mentre per i finali l'1% deve essere mantenuto da 40 Hz a 12.5 KHz, per potenze comprese fra quella massima e quella a — 20 dB.

Quest'ultima norma si applica agli amplificatori a transistors con segnali a basso livello, dove possono sorgere distorsioni (vedi Fig. 8.8).

Nella pratica, si ottengono valori di distorsione abbastanza contenuti rispetto a quelli citati, e per molti anni un noto costruttore britannico ha reclamizzato (a ragione) i suoi amplificatori con il « numero magico » Point One (0.1). Un ascoltatore attento può accorgersi di distorsioni totali dell'1%, e un orecchio educato è in grado di apprezzare anche la metà di tale valore. Il due per cento si avverte senza difficoltà, e il 4% è intollerabile a tutti, tranne a quelli con le orecchie otturate.

Al confronto, la radiolina a transistors economica distorce fino al 50%, senza che ciò dia fastidio.

Esistono parecchi tipi diversi di distorsione. La *distorsione di seconda armonica* può essere eliminata con l'uso di circuiti d'uscita a push-pull (o uscita bilanciata). Di conseguenza si fa largo uso di stadi bilanciati, grazie alla maggior capacità di utilizzare la potenza.

La distorsione d'intermodulazione ha un effetto molto fastidioso. Essa nasce dalla somma e dalla differenza di frequenze relative ai toni originali, prodotte dagli amplificatori a risposta non lineare. Quando si esegue un pezzo musicale difficile, che richiede un gran numero di fondamentali ed armoniche, le note extra prodotte dalla distorsione d'intermodulazione possono ri-

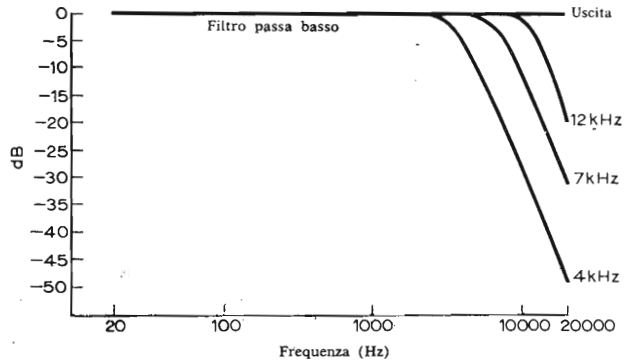


Fig. 8.3 Il taglio del filtro, almeno in teoria, è il punto in cui la risposta si è abbassata di 3dB rispetto al valore nominale. Possono essere usati anche filtri a pendenza variabile, i quali fanno cambiare il punto di intervento del filtro e, in alcuni casi, anche la velocità di pendenza della curva.

sultare abbastanza fastidiose. Le norme DIN richiedono che la distorsione di intermodulazione venga valutata a parte, e quando si applicano contemporaneamente due segnali prova di 250 Hz e di 8 KHz, con un rapporto di ampiezza di 4:1, essa deve essere minore del 3%.

Da un punto di vista pratico, ci sono due caratteristiche rivelatrici della IMD (Inter-Modulation Distorsion) che possono essere messe in vista registrando, per esempio, un coro accompagnato da un organo. A mano che le armoniche diventano più complesse la IMD tende a rendere i suoni più confusi. La distorsione della battuta musicale, dovuta alla fusione di due fondamentali vicine fra loro, dà come effetto una « distorsione da sovraccarico » (o effetto di « blasting »), che può essere messa in evidenza con la musica d'organo. La specifica suddetta è abbastanza generosa. La maggior parte dei costruttori di apparecchiature per alta fedeltà sarebbero contenti di arrivare ad un valore dell'1% per la IMD.

La risposta ai transitori (*o transienti*): per questa grandezza non viene data di solito una specifica separata, anche se gli esperti di hi-fi reclamano che essa ne merita senz'altro una! I transienti sono picchi sonori di breve durata. L'attacco è fondamentale per identificare un suono e serve anche parecchio per la localizzazione stereofonica.

Se un amplificatore non ha una buona risposta sui transistori, succede che l'aumento iniziale di 10-50 dB in un intervallo di appena 100 microsecondi viene soppresso o, peggio ancora, può essere causa di un « ringing » nei circuiti e di effetti di distorsioni spurie (Fig. 8.5).

La risposta ai transienti viene controllata da alcuni circuiti di controllo di tono (e di controllo di guadagno), e, per tale motivo, le prove si effettuano a vari livelli e frequenze. Il controllo di tono di tipo passivo tende a « incernierare » la risposta intorno ad un valore centrale di 1 KHz.

Nel tipo Baxandall, l'innalzamento e il taglio sono confinati inizialmente agli estremi della scala (Fig. 8.3). Ciò è molto utile quando c'è bisogno di innalzare le basse frequenze lasciando inalterata la zona 300-500 Hz. Nel caso di filtri a pendenza — essi forniscono tagli superiori molto ripidi, per ridurre le distorsioni dalla sorgente — può essere sufficiente un controllo di tono ordinario di tipo passivo, tuttavia è meglio averli tutti e due (Fig. 8.4).

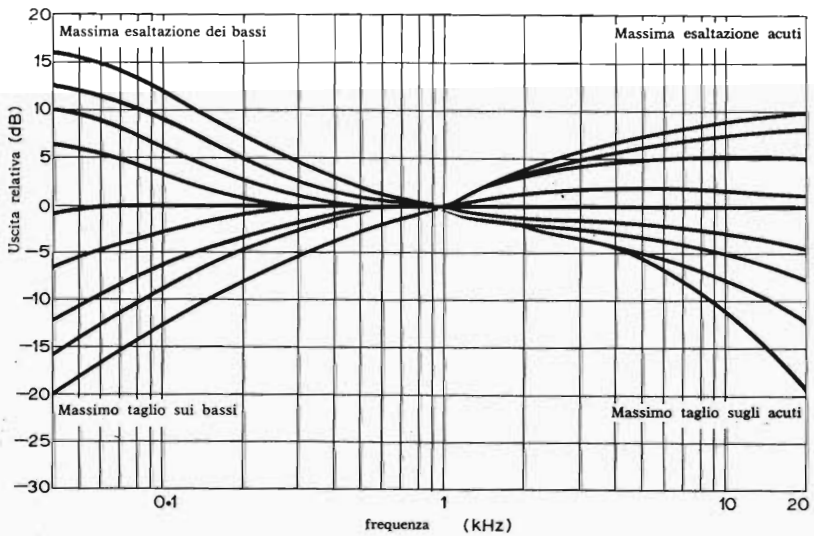


Fig. 8.4 Un controllo di tono ben studiato deve essere in grado di fornire una variazione della risposta in frequenza pulita e piatta nell'intorno di un punto di « sospensione » opportuno, e non introdurre esso stesso delle distorsioni — come accade di verificare molto spesso!

Rapporto segnale-rumore: si è già detto che l'amplificatore è l'anello più forte della catena di riproduzione, ma è bene chiarire qui alcuni punti.

Il rumore può constare di ronzio, rombo (dal giradischi, ecc.), soffio (dal nastro o dal preamplificatore) e da crepitii casuali, ecc. Mentre l'amplificatore di potenza può avere specifiche molte buone, è ancora difficile eliminare il rumore dei preamplificatori, sul quale sono posti i controlli di tono, di deviazione, e i filtri.

Le norme DIN per il livello del rumore prescrivono per l'ampiezza nominale del segnale d'ingresso dei preamplificatori un rapporto di — 50 dB, e lo stesso per gli amplificatori di potenza fino a 20 Watt, con un valore di 50 dB per un'uscita di 100 mW, che serve come test degli amplificatori a transistors. I meno 50 dB stanno ad indicare che il livello viene misurato in decibels al di sotto della massima uscita dell'apparecchio, con il massimo determinato attraverso il valore di distorsione specificato.

Un rapporto segnale-disturbo di 50 dB (che è la stessa cosa espressa positivamente) è alquanto generoso. La maggior parte degli amplificatori hanno un rapporto maggiore di 60 dB, ed un buon amplificatore ha un rapporto S/N da 70 a 100 dB, molto meglio dei valori del mezzo usato come sorgente, sia esso nastro, disco o segnale radiofonico. Per fare un esempio dei valori tipici, vediamo un attimo quali sono i valori di ronzio e rumore che un esperto recensore ha scelto per un amplificatore hi-fi: si tratta di valori minimi per varie sorgenti, ognuna chiusa sul carico che le compete.

Sorgente d'ingresso	*Sensibilità*	*Ronzio e Rumore (riferito a 10 W)*
Cartuccia a cristallo o ceramica	50 mV	— 60 dB
Testina per nastro	2.5 mV	— 48 dB
Cartuccia magnetica	5 mV	— 55 dB
Radio	200 mV	— 65 dB

I valori di rumore possono essere pesati o non pesati. Questo vuol dire che durante le prove si è tenuto conto delle peculiarità del nostro apparato uditivo — come abbiamo già visto. L'orecchio tollera un certo tipo di rumori meno di altri, e si accontenta di un mucchio di componenti di frequenza media (cui l'orecchio è

molto sensibile). Lo spettro principale del rumore degli amplificatori a transistors si trova nella regione media, e un valore pesato dà un'idea migliore delle prestazioni di un amplificatore a transistors, soggettivamente.

Potenza d'uscita: qui ci troviamo di fronte ad un ostacolo un po' fastidioso. Questo è dovuto ai differenti metodi di misura — e all'abitudine propria di certi costruttori di fornire dichiarazioni tipo « X watt in uscita », senza specificare se si tratta di valori r.m.s., sinusoidali continui, musicali o quello che volete. Fate attenzione a questi dati.

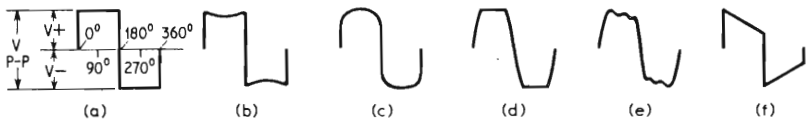


Fig. 8.5 Le prove con l'onda quadra riescono a mettere in evidenza parecchi difetti. In (a) è l'onda quadra ideale, in (b) l'effetto delle perdite di bassa frequenza, in (c) bassi eccessivi, in (d) una perdita graduale di frequenze alte, in (e) il tipico innalzamento a picco o « ringing », ed in (f) il risultato di sfasamenti di bassa frequenza.

Le norme DIN prescrivono almeno 10 watts per il canale mono, e 6 watts per ciascun canale stereofonico, con la possibilità di produrre segnali sinusoidali di 1 KHz per un periodo di 10 minuti. I valori delle potenze d'uscita sono riferiti ad un certo livello di distorsione.

In questo paese, si dichiara di solito il valore *r.m.s.* (« root mean square », ovvero « valore quadratico medio ») il quale si riferisce ad una potenza d'uscita massima continua, al valore di distorsione nominale.

I costruttori americani e giapponesi dichiarano invece quasi sempre valori di picco, per i quali si usa il termine di *Potenza musicale*. La IHFM afferma: « Potenza musicale significa la più grossa potenza, ad una singola frequenza, che è possibile ottenere senza superare la distorsione armonica totale con l'amplificatore fatto funzionare in condizioni standard, solo che la misura sarà effettuata subito dopo aver applicato un segnale improvviso, e in un intervallo di tempo così breve che le tensioni d'alimentazione non si discostino dalla configurazione di assenza di segnale ».

Tanto per cominciare, ciò comporta un'alimentazione ben regolata, oppure uno stabilizzatore esterno. La potenza di picco si ottiene raddoppiando la potenza d'uscita. La Fig. 8.6 mostra un mezzo periodo di un'onda sinusoidale, con il valore di picco e quello r.m.s. a confronto fra loro. La tensione efficace continua vale 0.708 volte la tensione di picco, e la potenza continua è $(0.708)^2/2$ volte la potenza di picco.

I valori di potenza musicale possono dare una falsa impressione, superando qualche volta il valore di picco anche del 30%. Bisogna prestare molta attenzione allo studio di queste specifiche.

Anche *la banda di potenza* ha la sua importanza quando si esaminano le specifiche. Essa si riferisce all'intervallo di frequenze che si trova fra gli estremi dove la potenza d'uscita cala di 3 dB, ovvero si dimezza. La Fig. 8.7 mette a confronto la risposta, riferita alla potenza d'uscita, di due amplificatori abbastanza dissimili.

Entrambi sono in grado di utilizzare potenze di picco di 10 watts e, in effetti, sono venduti entrambi allo stesso prezzo. Ma mentre A ha una banda bassante, a mezza potenza, di 15 ÷ 30 KHz, B è limitato, nell'estremo inferiore a 60 Hz, e non va oltre i 10 KHz nel limite superiore. Non proprio alta fedeltà.

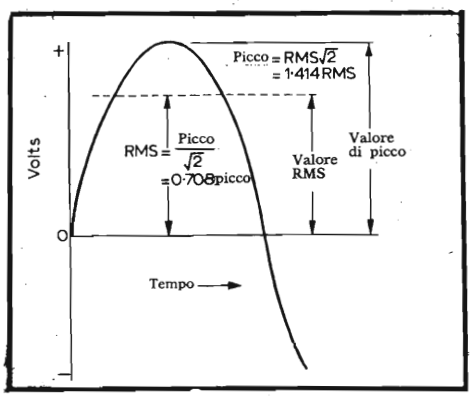


Fig. 8.6 La relazione fra i valori quadratici medi di una sinusoide.

La potenza d'uscita all'estremo superiore è importante per una buona risposta ai transienti; per un buon amplificatore il valore a metà potenza dovrebbe essere di 30 KHz o più.

All'estremo inferiore invece è auspicabile un valore di 40 Hz, se è 20 Hz è meglio, sebbene molti strumenti non arrivino

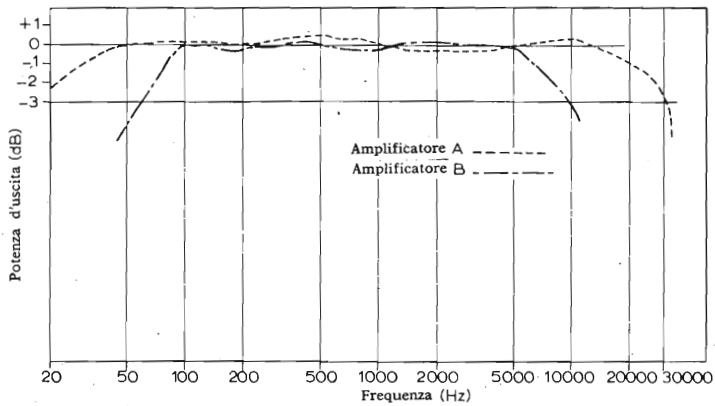


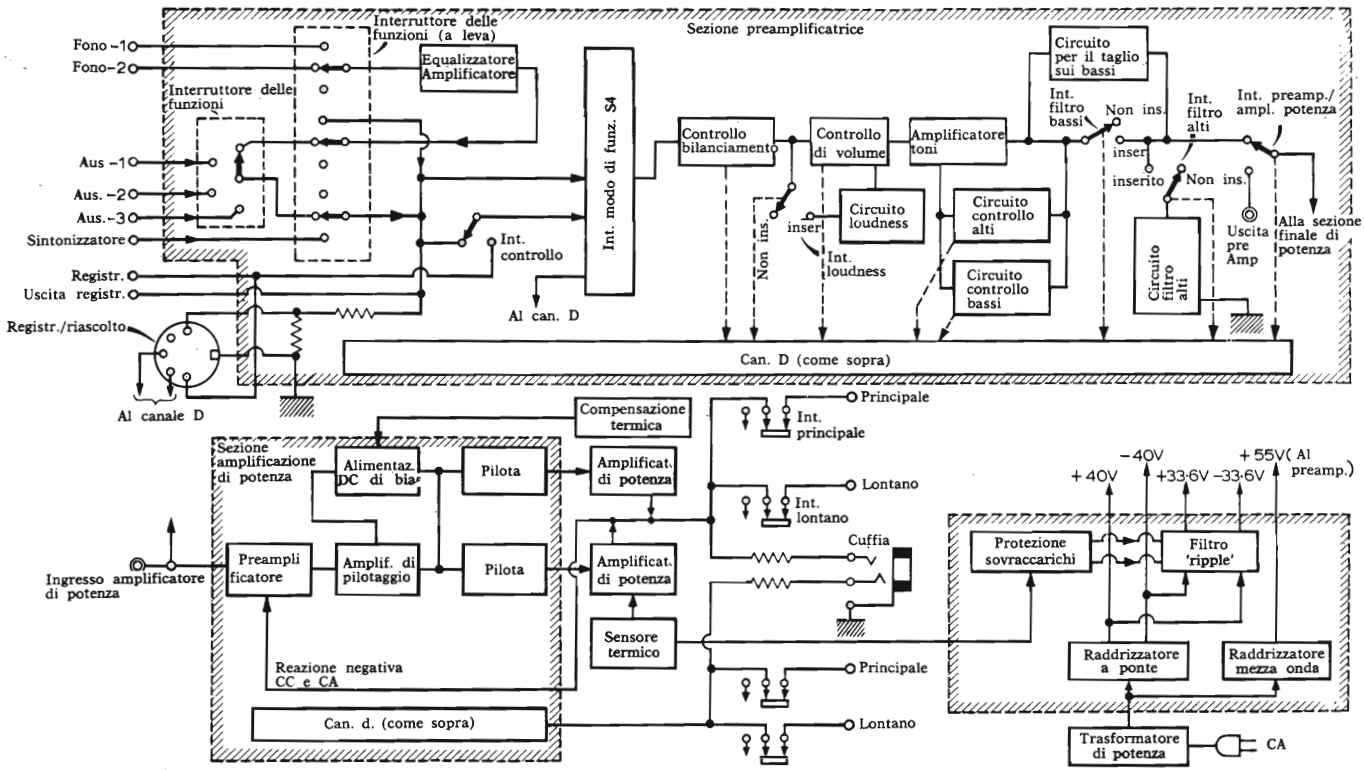
Fig. 8.7 Si può capire molto dalle prove sugli amplificatori a metà potenza. Le due curve presentate qui sono quelle relative a due amplificatori commerciali con risposta in frequenza simile; le misure sono state fatte 20dB sotto la potenza d'uscita nominale, con la stessa potenza d'uscita a 1000 Hz.

a misurare così in basso. Il piano, il contrabbasso e le note più basse dell'arpa scendono sotto i 40 Hz, ma siccome le seconde e le terze armoniche sono più forti della fondamentale, le perdite non sono molto ovvie.

Tuttavia con un amplificatore (e con il sistema associato) che a metà potenza riesce ad arrivare a 20 Hz o più giù, l'organo può essere riprodotto solo nella regione in cui la sua musica viene « sentita », più che ascoltata. Questo è il vantaggio grosso degli amplificatori senza trasformatore.

Separazione stereo: alcuni esperti non sono convinti dell'importanza di questa specifica, perché anche una piccola separazione di 10 dB può dare una buona impressione stereo, pur di avere una gamma di frequenza abbastanza ampia ed una buona risposta ai transienti, ma una grossa separazione è sempre meglio. Le norme DIN richiedono che la diafonia fra i canali stereo debba

Fig. 8.8 (a) Diagramma a blocchi di un amplificatore d'alta fedeltà (ripreso da un modello Sony), da cui si possono vedere il tipo di complicazioni introdotte dall'interruttore d'ingresso, dall'equalizzazione per l'ingresso delle testine magnetiche, dal loudness, dai toni e dai filtri e da tutti quei dispositivi di soppressione e di protezione come il compensatore termico, il dispositivo per i sovraccarichi e i tagli.


Sezione preamplificatrice
Interruttore delle funzioni (a leva)
Fono -1
Fono-2
Equalizzatore Amplificatore
Interruttore delle funzioni
Aus -1
Aus. -2
Aus.-3
Sintonizzatore
Registr.
Uscita registr.
Registr./riascolto
Al canale D
Int. controllo
Al can. D
Int. modo di funz. S4
Controllo bilanciamento
Controllo di volume
Amplificatore toni
Circuito per il taglio sui bassi
Int. filtro bassi
Non ins.
inser
Int. filtro alti
Int. preamp./ ampl. potenza
inserito
Non ins.
Alla sezione finale di potenza
Uscita pre Amp
Circuito filtro alti
Circuito loudness
Int. loudness
Circuito controllo alti
Circuito controllo bassi
Can. D (come sopra)
Compensazione termica
Principale
Int. principale
Sezione amplificazione di potenza
Alimentaz. DC di bias
Pilota
Amplificat. di potenza
Lontano
Int. lontano
Cuffia
Ingresso amplificatore di potenza
Preampli ficatore
Amplif. di pilotaggio
Pilota
Amplificat. di potenza
Sensore termico
Reazione negativa CC e CA
Principale
Lontano
Can. d. (come sopra)
-40V
+55V(Al preamp.)
+40V
+33·6V
-33·6V
Protezione sovraccarichi
Filtro 'ripple'
Raddrizzatore a ponte
Raddrizzatore mezza onda
Trasformatore di potenza
CA

essere migliore di — 50 dB ad 1 KHz, e debba valere — 30 dB fra i 250 Hz e i 10 KHz. La contaminazione fra gli ingressi dovrebbe essere, ad 1 KHz, di — 50 dB o meglio, e di — 40 dB fra i 250 Hz e i 10 KHz.

Quello che limita questi fattori è, molto spesso, la sorgente sonora, come le testine del giradischi e i dischi stessi.

I nastri riescono a raggiungere una separazione migliore, purché il registratore sia ben regolato e il preamplificatore progettato con cura.

I sintonizzatori V.H.F. dovrebbero avere valori di — 30 dB. Un amplificatore che possa essere definito di qualità, dovrebbe avere una separazione migliore di — 60 dB.

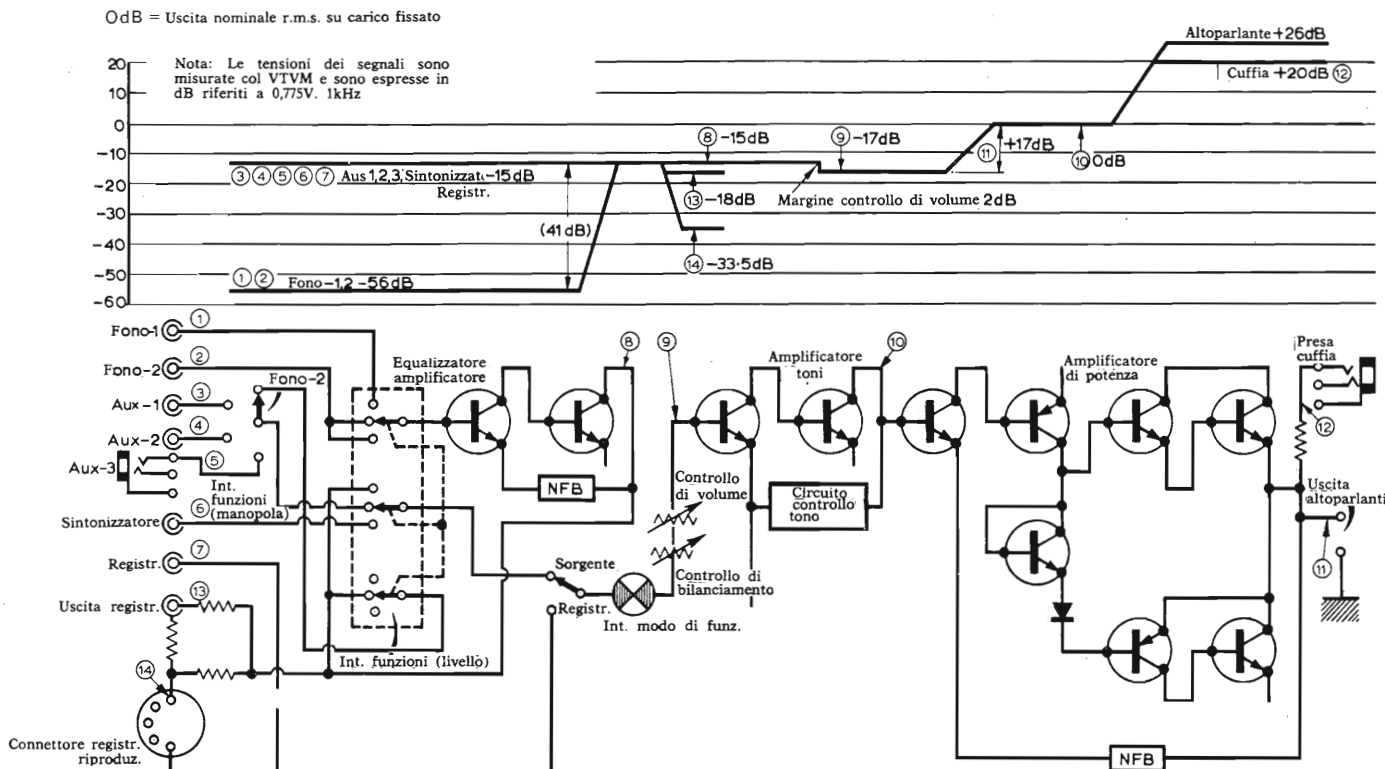
Le sensibilità: le sensibilità nominali dovrebbero essere riferite ad una uscita specificata. Quando un segnale d'ingresso passa attraverso un controllo di volume, la distorsione non lineare dovrebbe essere minore di 1 dB, con ingressi di 12 dB al di sopra dei livelli nominali. P. es., per un pick-up magnetico con carico da 47 K Ω la sensibilità d'ingresso è di 5 mV. Vedi anche il capitolo 4.

Testine a cristallo e ceramiche: qui la sensibilità è minore (ovvero l'amplificatore per raggiungere il livello d'uscita nominale necessita di un segnale più grosso dalla sorgente), ma queste testine possono erogare 50 mV o giù di lì, ed hanno un'alta impedenza, tipicamente 2 MΩ. C'è la possibilità di attenuare dall'esterno, oppure di usare una testina ceramica come una sorgente a gradiente di pressione.

Il sintonizzatore radio: molti sintonizzatori europei sono progettati per essere adattati ad ingressi con alta sensibilità su 47 K Ω — 100 KΩ, mentre i sintonizzatori britannici erogano una uscita più alta su 500 K Ω o giù di lì.

L'adattamento presenta alcuni problemi. L'adattamento di un preamplificatore ad un finale di potenza richiede 1 volt attraverso 47 KΩ. e per collegare un registratore ci vogliono da 0.1 mV a

Fig. 8.8 (b) Per far vedere i livelli con cui si lavora in un amplificatore, e per dare un'idea della disposizione dei vari stadii, il diagramma a fianco mostra i guadagni misurati in varie parti del circuito riferiti ad un livello OdB di 775mV ad 1kHz.


0dB = Uscita nominale r.m.s. su carico fissato
Nota: Le tensioni dei segnali sono misurate col VTVM e sono espresse in dB riferiti a 0,775V. 1kHz
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
Altoparlante +26dB
Cuffia +20dB (12)
(8) -15dB
(9) -17dB
(11) +17dB
(10) 0dB
(3)(4)(5)(6)(7) Aus 1,2,3, Sintonizzat., Registr. -15dB
(13) -18dB
Margine controllo di volume 2dB
(41 dB)
(14) -33·5dB
(1)(2) Fono-1,2 -56dB
Fono-1
Fono-2
Aux-1
Aux-2
Aux-3
Sintonizzatore
Registr.
Uscita registr.
Connettore registr. riproduz.
Int. funzioni (manopola)
Fono-2
Equalizzatore amplificatore
Int. funzioni (livello)
NFB
Sorgente
Registr.
Int. modo di funz.
Controllo di volume
Controllo di bilanciamento
Amplificatore toni
Circuito controllo tono
Amplificatore di potenza
Presa cuffia
Uscita altoparlanti
NFB

2 mV per ogni 1 K Ω di resistenza compresa fra 1K Ω e 50 K Ω Nella pratica le cose possono variare un po' e l'adattamento va effettuato con una certa attenzione.

L'adattamento delle potenze d'uscita va fatto sui 4 e i 16 Ohms (i nostri altoparlanti normali di 3 e 15 ohm si adattano a questi requisiti). Va ricordato che in generale gli amplificatori a transistors sono portati ad erogare una potenza più grossa su una resistenza più bassa, ma si rovinano con facilità se ci si mette in parallelo un'impedenza troppo piccola — il contrario di quello che succede negli amplificatori a valvola, i quali non gradiscono i circuiti aperti. È buona norma proteggere un impianto di buona qualità contro i sovraccarichi, le connessioni deboli e le cadute di tensione.

I sintonizzatori radio

Il sintonizzatore è un componente importante di qualsiasi impianto hi-fi, e la qualità delle trasmissioni ad altissima frequenza (v.h.f.) è in grado di fornire risultati paragonabili a quelli ottenibili con altre sorgenti, sempre che le condizioni di ricezione siano sufficientemente buone.

Dato che esso è progettatto apposta per potersi adattare agli altri componenti dell'impianto hi-fi, le norme di progettazione e di costruzione cui un « tuner » d'altra frequenza è soggetto sono molto severe.

Sono disponibili sintonizzatori a.m. ed f.m., ed alcuni con tutte e due le bande, ma per le esigenze dell'alta fedeltà dobbiamo considerare quelli f.m. L'unico motivo per cui il nostro ricevitore ad altissima frequenza dovrebbe avere altre bande dovrebbe essere quello legato alla necessità di ricevere le stazioni non disponibili sulla banda v.h.f. — e siccome la qualità dei programmi ricevuti da tali stazioni è spesso dubbia (dal punto di vista tecnico, naturalmente!) bisogna pensarci bene prima di decidersi se conviene comprare un buon ricevitore v.h.f. ed una radio a.m. separata di tipo economico, oppure vale la pena di pagare molto di più per un tuner a.m./f.m.

Le bande a.m. sono molto affollate; l'interferenza è parecchia, e durante alcune ore è praticamente ineliminabile.

La trasmissione può peggiorare sia per le condizioni atmosferiche che per l'orario in cui si effettua la ricezione. Il rumore

introdotto dall'apparato elettrico stesso, ha nel ricevitore un andamento simile a quello del segnale modulante, varia, cioè, in ampiezza, e non può essere eliminato senza tagliare via una fetta vitale del programma.

È possibile progettare ricevitori con alta selettività e con alta sensibilità, disponibili sul mercato ad alto prezzo, ma si tratta di apparecchi che attraggono l'interesse dell'appassionato cui piace « errare fra le bande del mondo », piuttosto che dell'appassionato hi-fi il cui scopo principale è quello di un suono di alta qualità. Gli inconvenienti maggiori delle trasmissioni a.m. sono la risposta in frequenza ristretta e l'alto livello di rumore.

In v.h.f. la gamma di frequenze trasmesse è molto più ampia e, in effetti, bisogna dire che molte emittenti raggiungono i 15 KHz, anche se le linee di trasmissione fra studio e trasmettitore e fra le stazioni limita in qualche modo le frequenze superiori. Siccome l'area d'ascolto delle trasmissioni a più alta frequenza si estende essenzialmente « fino a dove arriva l'occhio », entro un raggio di 50 miglia pressapoco, è necessario fare uso di una buona antenna se si vuole ottenere il meglio dal v.h.f., non tanto per l'intensità del segnale quanto per l'eliminazione degli effetti di « multipath » (fantasmi) che danno origine al ronzio di sottofondo e che, negli apparecchi meno costosi, influenzano negativamente la selettività e la sintonia.

Ai fini della soppressione del rumore un'antenna poco efficiente rappresenta un falso risparmio. Si è già notato che l'interferenza elettrica è di tipo impulsivo, facendo variare l'ampiezza del segnale. Il segnale f.m. viene trasmesso ad una ampiezza costante, quindi è possibile eliminare il rumore impulsivo limitando l'ampiezza del segnale nel tuner, « tagliando i picchi », come si dice. Ma per ottenere il miglior effetto di limitazione, è necessario pilotare il sintonizzatore nel modo più duro possibile, alimentandolo, cioè, con un segnale forte. I problemi di sovraccarico sono ovviati da circuiti automatici per il controllo di guadagno, disponibili ormai su tutti gli apparecchi.

Alcune volte un'antenna interna sembra fornire un segnale abbastanza forte per pilotare il sintonizzatore, solo che a tale segnale se ne possono aggiungere alcuni spurii; infatti le persone vicine tendono ad « oscurare » il segnale, così come le riflessioni dovute alle schermature interne, e così via. Un'antenna posta sul terrazzo risolve in parte il problema, ma ci possono essere variazioni nella ricezione introdotte dalle condutture elettriche, da

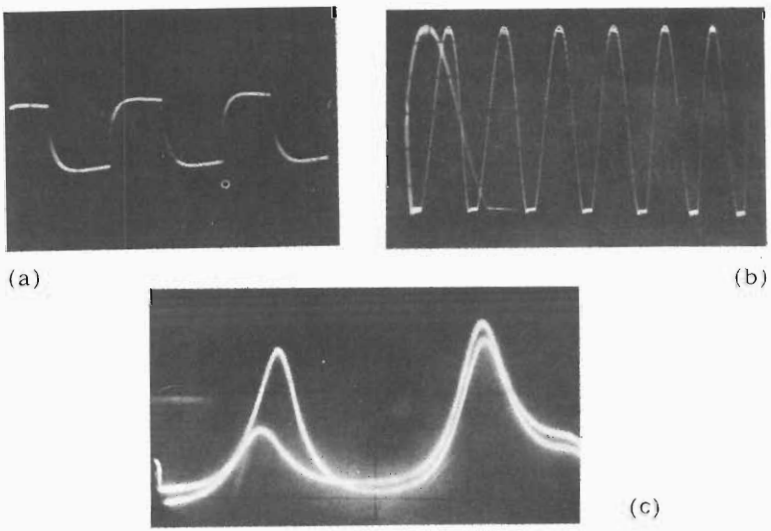


Fig. 8.9 Le tracce sull'oscilloscopio riescono a dirci molte cose sullo stato di « salute » del nostro impianto Hi-Fi. (a) Vedi figura 8.5. Questa traccia è di un amplificatore con una risposta sulle alte frequenze carente, infatti la riproduzione dell'onda quadra di 1kHz non è soddisfacente. (b) Il « clipping » asimmetrico di una sinusoide sta ad indicare uno sbilanciamento dello stadio d'uscita a « push-pull », con conseguente distorsione, e (c) il confronto diretto dei canali può essere fatto con un oscilloscopio a doppia traccia.

serbatoi dell'acqua e perfino dalla differenza di intensità dei segnali filtrati da un soffitto asciutto o bagnato. L'altezza della antenna riveste un'importanza vitale. Raddoppiare l'altezza dell'antenna ricevente equivale a quadruplicare la potenza di trasmissione!

Per aumentare il segnale f.m. si possono usare dei preamplificatori, ma ci sono dei problemi. In primo luogo, il preamplificatore deve avere la stessa banda passante dell'antenna; e poi esso non deve introdurre rumore nell'impianto; esso dovrebbe essere montato, per un effetto ottimale, il più vicino possibile all'antenna, cioè sulla cima del palazzo — il che comporta dei problemi di « motorizzazione ». Esso non contribuisce alla direttività, e nel caso che l'antenna riceva rumore, amplificherà insieme sia rumore che segnale. La soluzione, in ogni caso, sta nel cercare

di ricevere quanto più segnale possibile, tramite una buona antenna alzata il più possibile, facendo attenzione a dove la si mette.

L'adattamento al tuner non comporta difficoltà — vedi capitolo 5. Se usate del filo piatto non schermato, troverete qualche problema nell'installazione. I fili devono sempre essere paralleli, non devono scorrere dentro grondaie, camini, etc, e dovrebbero stare sempre lontani da tutti i punti di protezione.

Le trasmissioni stereofoniche vanno aumentando sempre più, e il progetto di modificare le stazioni, anche se ritardato dalla mancanza di profitti, giustifica l'uso di un buon sintonizzatore per i futuri ascoltatori hi-fi.

Nel capitolo 5 abbiamo spiegato i princìpi della propagazione stereo, facendo vedere che il segnale stereo non può essere forte quanto il segnale mono, a causa delle informazioni extra che deve portare, come le bande laterali della sottoportante soppressa e il tono pilota. Per ottenere un rapporto segnale-disturbo confrontabile, il segnale che entra deve essere più forte di 20 dB. Il che, ancora di più, rende necessaria l'installazione di una buona antenna.

Il problema della sensibilità è stato già trattato, e avrete senz'altro capito, dalla Fig. 5.15, quali siano i legami tra sensibilità d'ingresso, limitazione e « quieting », legami sui quali si fa spesso confusione a causa delle specifiche poco chiare. Abbiamo visto anche la questione della de-enfasi.

Ma ci sono altri aspetti connessi al funzionamento del tuner che vogliamo menzionare; tra questi il rapporto di cattura e la reiezione stereofonica fra i canali.

Quest'ultima è necessaria su un tuner di buona qualità — anche se molti ricevitori che hanno la pretesa di considerarsi tali riescono ad attenuare solo in parte le componenti a 19 KHz e a 38 KHz del loro segnale composto, rendendo difficoltoso l'adattamento con altri apparecchi. All'attenuazione a 19 KHz contribuisce la de-enfasi, diminuendola di 18 dB circa, e un filtraggio relativamente semplice dovrebbe permettere di ridurre il suo effetto di oltre 20 dB rispetto al livello 0 dB.

Tuttavia l'attenuazione del segnale di 38 KHz non viene di solito effettuata, e ciò può dare origine a pericolosi battimenti con i registratori cui i sintonizzatori sono collegati.

Rapporto di cattura: dà una misura della capacità del sintonizzatore a respingere segnali indesiderati che cadono vicino

alla frequenza voluta: ci dice, cioè, quanto efficacemente esso riesca a « catturare » un segnale.

Questa capacità viene influenzata dal progetto del rivelatore, dall'azione limitatrice dei circuiti intermedi e di quelli posti prima del rivelatore, e dall'azione dei vari controlli automatici di guadagno e dei controlli automatici di frequenza. La misura del rapporto di cattura può rivelarsi difficile e tediosa, e per ulteriori informazioni il lettore può indirizzarsi alle spiegazioni di John Earl contenute nel suo *Audio Technicians Benhc Manual.*

Essa consiste nel rapporto fra segnali voluti e non voluti necessario per sopprimere di 30 dB il segnale non desiderato, quando i due segnali hanno la stessa frequenza ma solo uno è modulato al 100%. Poi la prova si effettua con una modulazione del 30% (o con qualsiasi altra percentuale) e si ricava una curva che fa vedere come varia il raporto di cattura su un certo intervallo di ingressi.

Questo grafico ci può dire molte cose; infatti sia il rapporto di cattura nominale, che il *più alto* valore in dB ottenuto effettuando le misure alle frequenze IHF (Intermediate High

Fig. 8.10 Il controllo delle specifiche di un giradischi non può essere fatto in modo appropriato se non con una strumentazione sofisticata come quella utilizzata su questo banco di prova della Garrard.

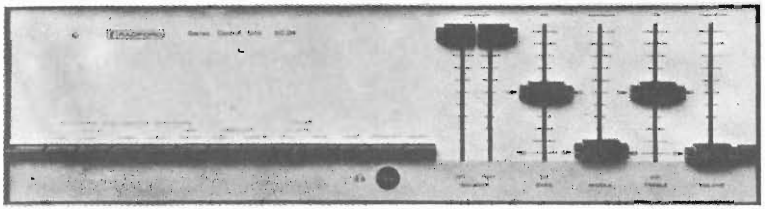


Fig. 8.11 Questa unità di controllo stereo Radford comprende tutti i comandi necessari, disposti in maniera molto facile e perfettamente comprensibili.

Frequency) prescritte e con il generatore modulato che fornisce un'uscita di 1 volt, possono essere spesso poco realistici.

Rapporto di reiezione d'immagine: questa quantità dà una misura della capacità che il sintonizzatore ha di restare « immune » dai segnali con frequenza diversa da quella ricevuta. In particolare bisogna prendere in considerazione il fenomeno delle frequenze immagini della fondamentale (come del resto in tutti i ricevitori a supereterodina), in cui anche un segnale che differisce dalla frequenza dell'oscillatore locale, ma è diretto in verso opposto (sotto o sopra le frequenze dell'oscillatore) rispetto al segnale ricevuto e voluto, produce una risposta a frequenza intermedia.

Il rapporto di reiezione si ottiene misurando la sensibilità e riferendo i valori ottenuti all'uscita della frequenza non voluta allo stesso livello e sotto le stesse condizioni.

C'è anche la reiezione di altre risposte spurie, una delle quali può essere generata da segnali posti nella regione di frequenze intermedie.

Altri problemi possono provenire dalle componenti d'intermodulazione dei segnali negli stadi r.f., dall'oscillatore, dal miscelatore o da qualsiasi altro stadio accordato.

Progettare un sintonizzatore a modulazione di frequenza è un lavoro abbastanza difficile: infatti quasi tutti i sintonizzatori commerciali stanno su un piano qualitativo scadente.

Prendete per esempio l'intermodulazione di terzo ordine. Ci sono tre segnali che passano nel tuner contemporaneamente perché il « front-end » è fatto in modo da « accettare » tali segnali. Tuttavia è possibile che si crei un segnale somma dei tre, il quale, modulando uno dei segnali voluti e sintonizzati, può

causare rumori strani tipo « mormorii » o cose del genere.

Con il passare del tempo e con il perfezionamento dei « front ends » dei tuner, questo problema può essere ridotto di parecchio, grazie soprattutto all'uso di transistors ad effetto di campo e a stadi di sintonia con diodi a capacità variabile; rimane però il fatto che molti sintonizzatori presenti attualmente sul mercato hanno una cattiva intermodulazione e sono non-lineari. Uno degl' effetti deleteri è quello del battimento delle note, che si ha in presenza di due stazioni potenti vicine.

A.F.C. (*Auto-Frequency-Control*): esistono vari tipi di controlli automatici di frequenza, e anche in questo settore i transistors ad effetto di campo cominciano a farla da padroni nel migliorare l'intervallo di « pull-in » (ovvero l'intervallo di frequenze su cui il sintonizzatore effettua « il bloccaggio » del segnale desiderato) e i relativi livelli di segnali voluti e non voluti.

Il metodo di misura IHF è riferito qui alla differenza tra la frequenza del generatore e la frequenza sintonizzata dal tuner necessaria per ridurre l'errore di sintonia a 22.5 KHz, quando il segnale d'ingresso sta ad un livello corrispondente ad una sensibilità utile di 30 dB.

Le altre specifiche

Le norme DIN relative ai sintonizzatori ed alla sezione sintonizzatrice dei sinto-amplificatori prescrivono quanto segue: (le norme sono riferite ad ingressi d'antenna di 1 mV su 240 e ad ingressi audio 6 dB sotto il massimo volume — tranne che nelle misure di distorsione).

Risposta in frequenza: questa deve andare da 40 a 12.500 Hz, con deviazioni rispetto ad 1 KHz, di $\pm$ 4.5 dB a 50 Hz, di $\pm$ 3 dB da 50 a 6.300 Hz, e di 4.5 dB oltre.

Il bilanciamento fra i canali deve essere migliore di 6 dB fra i 250 Hz e i 6.300 Hz, e quando è presente un controllo di bilanciamento fornito di regolazione fino a 8 dB il bilanciamento deve essere migliore di 9 dB.

La distorsione dovrebbe essere minore del 2,5% ad 1 KHz con una deviazione di 40 KHz, — con lo stesso segnale applicato a ciascun canale — con una banda passante di 40-12.500 Hz, e l'uscita col giusto carico.

Fig. 8.12 Un piccolo studio di registrazione ideale. Jane, la figlia dell'autore, intenta a provare uno dei tanti componenti dell'impianto di casa: in questo caso un nuovo paio di cuffie.

Diafonia: vengono tollerati valori di 24 dB ad 1 KHz, 18 dB da 250 Hz a 6,3 KHz e 14 dB da 6,3 a 10 KHz.

Il rapporto segnale-rumore (non pesato) relativo a ingressi di 100 mW (mono) e di 2×50 mW (stereo) in impianti fino a 20 W, dovrebbe essere migliore di 40 dB fra i 40 Hz e i 15 KHz con ingressi di 1 KHz e una deviazione iniziale di 40 KHz.

Il rumore complessivo per impianti sia mono che stereo deve essere migliore di 50 dB fra i 40 Hz e i 15 KHz.

Rapporto S/R del tono pilota: misurato selettivamente a 19 KHz e 38 KHz, esso dovrebbe essere uguale o migliore di 19 dB e 29 dB rispettivamente. La prova viene fatta con un segnale di ingresso di 1 KHz deviato di 67.5 KHz e con una tensione di 1 mV su un carico da 240 ohms.

I registratori a nastro

Qui intervengono altri fattori nelle specifiche hi-fi — le variazioni meccaniche. Molti appassionati conoscono bene i termini « Wow e Flutter »; alcuni hanno una vaga idea della differenza

che c'è, ma pochi hanno avuto la fortuna di partecipare a prove e misure, quindi qualche parola sull'esatto significato dei termini può aiutare a capire meglio le specifiche.

Le variazioni di velocità sono classificabili in tre categorie: quella con una stabilità su un lungo periodo di tempo, quella con variazioni lente e con periodicità da uno a dieci cicli al secondo ,e quella comprendente le variazioni rapide che toccano direttamente la banda audio. L'effetto delle variazioni di velocità a lungo termine non è molto percettibile, tranne che in condizioni in cui sia possibile fare dei confronti diretti — l'unica cosa che ne risente, tutto sommato è il tono — e sempre che la variazione sia tale da poter essere percepita subito.

Wow: le variazioni lente dovute al wow possono essere in effetti abbastanza evidenti, specialmente con le note del pianoforte e del flauto, in cui la variazione di velocità dà origine a oscillazioni tonali ben distinte. Il nostro meccanismo d'ascolto è sensibile a questo genere di variazioni. Anche lo 0.15% è abbastanza evidente con le note del pianoforte di frequenza media. In effetti l'orecchio è un ottimo giudice di wow, e per riuscire ad avere una valutazione ad esso comparabile, bisogna disporre di strumenti molto costosi.

Le norme DIN danno per il contenuto di Wow e Flutter un valore inferiore allo 0.2% picco picco, ma molti appassionati ritengono tale valore alquanto generoso.

Molto dipende però dalla velocità nominale di scorrimento del nastro. Il « wow » peggiora di molto alle velocità più basse. Le registrazioni d'alta qualità vengono effettuate oggi a 7 1/2 pollici al secondo (19 cm/sec), anche se la maggior parte del materiale preregistrato è disponibile a 3 3/4 pollici al secondo (9.5 cm/sec). A 3 3/4 pollici al secondo il massimo valore di « wow e flutter » tollerabile è 0.15%, qualsiasi sia il livello qualitativo da raggiungere. Gli apparecchi a cassette che funzionano a 1 7/8 pollici al secondo (4.75 cm/sec) hanno W e F che solo raramente sono inferiori allo 0.2%.

Flutter: il flutter è la variazione rapida di velocità, e può essere dovuto a certe piccole anomalie nel sistema di trascinamento del nastro e, se c'è, ad una cattiva pressione esercitata dal cuscinetto premi-nastro. Esso si riconosce per la durezza che conferisce al suono, molto simile alla distorsione di intermodulazione nell'amplificatore. I due effetti, pur essendo misurabili

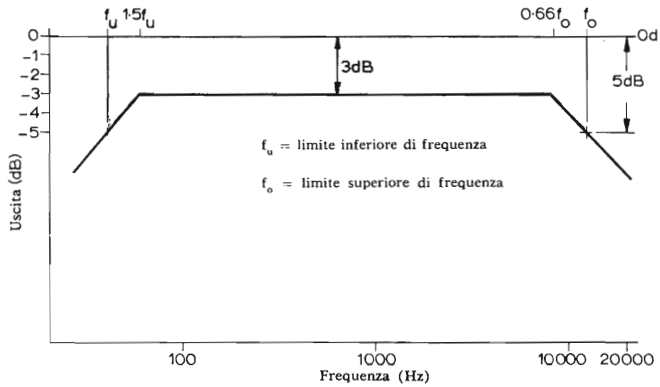


Fig. 8.13 Le norme che regolano le registrazioni su nastro sono ancora poco soddisfacenti, e non c'è attualmente nessuna norma definitiva riguardante gli apparecchi a cassette, tranne quelli che utilizzano cartucce ad 8 tracce. I valori limiti riportati qui sono quelli relativi alle norme DIN 45 511.

separatamente, vengono trattati assieme come variazioni complessive di velocità, e in effetti più di un esperto tende a fare in questo modo oggi, usando il termine di copertura « wobble ».

Il wobble si può misurare in valori r.m.s. — usando per la prova segnali sinusoidali — o in valori picco-picco, che sono più facili da capire ma possono trarre in inganno se dichiarati come tali. I valori picco-picco sono il doppio del valore di picco, e i valori r.m.s. sono 0.707 volte o i due terzi del valore picco.

Pertanto prima di comprare è necessario sapere se i valori di wow e flutter sono stati presi in condizioni di picco-picco, di picco o r.m.s., e a quale velocità.

Altre specifiche: nelle norme DIN le variazioni fra velocità media e velocità nominale non devono superare, su 30 secondi, il $\pm$ 1%. La gamma di frequenze riprodotta dal registratore a nastro dovrebbe coprire l'intervallo 40 Hz - 2,5 KHz, con la risposta compresa nella zona ombreggiata di Fig. 8.13. L'ampiezza massima misurata a 333 Hz raggiunge un fattore di distorsione di terzo ordine del 5% ad un livello di registrazione di picco, ed il rapporto segnale-rumore, riferito sempre al livello di registrazione massimo, dovrebbe essere maggiore di 45 dB.

Per gli apparecchi stereo la separazione fra le tracce dovrebbe essere di 60 dB e la separazione fra i canali di 25 dB.

La cancellazione dovrebbe stare 60 dB sotto il livello di registrazione massimo.

I registratori a nastro amplificati, cioè le piastre fornite di preamplificatore, posseggono altre specifiche. Queste si possono riassumere in quelle precedenti, con in più la diafonia stereo che a 1 KHz deve essere di almeno 24 dB, e tra 250 e 10.000 Hz di almeno 21 dB. Il rapporto segnale-rumore deve essere migliore di 41 dB (che è abbastanza modesto come valore). La potenza d'uscita è, come per gli amplificatori (10 W mono e 2 × 6 W stereo), quella necessaria per pilotare un segnale sinusoidale ad 1 KHz per almeno 10 minuti.

La sensibilità e le impedenze normali sono le stesse degli amplificatori, fatta eccezione per un'uscita « linea » di 775 mV su 100 K Ω , usata ormai quasi comunemente, e ci sono parecchie variazioni, fra un costruttore e l'altro, negli ingressi a diodi, per adattarli agli apparecchi che ognuno produce. Questi ultimi hanno reso impossibile qualsiasi tentativo di standardizzazione.

9. Quadrifonia

Nei primi tre capitoli di questo libro abbiamo parlato della nascita e delle condizioni in cui si è sviluppata la stereofonia, e nei capitoli successivi si è cercato di approfondire più da vicino i fondamenti di tale argomento. Ogni tanto si è fatto riferimento alla stereofonia a più canali — e l'argomento si è chiuso lì.

In maniera del tutto imparziale, come è successo per molti anni alla stereofonia, prima che essa diventasse popolare. Oggi tuttavia, pienamente giustificata da motivi d'ordine tecnico, la quadrifonia si avvia a cambiare qualcosa nell'audiofonia.

Ho detto audiofonia, notatelo, e non « alta fedeltà ». I quattro quinti delle idee che circolano sul « suono avvolgente » — per usare un termine che dice veramente tutto — sono basate sulla speculazione commerciale che se ne fa e sono molto carenti dal punto di vista tecnico. Tutti i sistemi « matrix » attualmente sul mercato devono introdurre, proprio per lo spirito con cui sono stati concepiti, della diafonia non voluta.

Dal « buco in mezzo » dei vecchi giorni, siamo arrivati oggi alla « confusione in mezzo ».

Un compromesso

L'unico modo serio di usare la registrazione multicanale e di riprodurla per la pubblica consunzione deve essere quello discreto, con i vari canali trattati separatamente. Nessuna combinazione sviluppata finora riesce a superare il problema della diafonia; né credo che ci riusciranno mai. Così come Baird se la prendeva con chi non c'entrava, allo stesso modo credo si com-

portino i fautori del metodo « matrix », i quali si muovono nella direzione sbagliata e verso una strada senza uscita.

Può darsi però che lo spirito commerciale mi confonda le idee e che presto magari ci sarà un altro sistema di compromesso a mostrare la giusta strada, sempre che le registrazioni effettive possano essere smerciate in gran quantità.

Da quel momento in poi, tutti gli sforzi saranno diretti al perfezionamento del compromesso, piuttosto che alla ricerca di un sistema che sia in grado di fornire prestazioni *qualitativa*mente rilevanti. In questo stesso modo i transistors hanno rivoluzionato il settore delle comunicazioni, e quando fu introdotta la configurazione ad uscite complementari, furono progettati circuiti a transistor che contribuirono ad eliminare le distorsioni introdotte dalla configurazione (distorsioni cui in un primo momento non si pensava neppure, anche se erano sicuramente udibili!); allo stesso modo dobbiamo aspettarci di vedere circuiti matrix per la ricomposizione della musica originale sempre più complessi.

Con la circuistica integrata di cui disponiamo attualmente questo non rappresenta un problema, solo un esercizio leggermente più difficile del solito. Quindi il futuro — molto incerto, mentre scrivo, con molta carne in pentola — potrebbe vedere uno dei sistemi prevalere sull'altro solo perché i ragazzi della stanza accanto saranno riusciti a sfondare meglio, prima, ...

La semantica

La nascita del termine quadrifonia è abbastanza misteriosa, così come la sua grande diffusione. Io posso dire che la mia esperienza di consulente tecnico per un dettagliante di apparecchi audio mi ha portato a contatto con una grossa fetta di gente incuriosita, che inevitabilmente chiede cosa significhi « suono quadrifonico ».

La quadra-quadro-quadri-fonia, o sonia, fate voi, significa semplicemente che ci sono in ballo quattro canali — siano essi discreti o matrix; ma il guaio è proprio questo. Non esiste alcun numero magico « 4 ». In realtà in Giappone il numero che noi chiamiamo quattro significa « morte », così mi è stato detto; e la maggior parte degli apparecchi da noi usati sembra venire dal Giappone.

Se il termine non fosse stato relegato al ruolo di semplice numero, potremmo avvicinarci gradualmente ad una situazione in cui il suono ci giunge veramente da ogni direzione, compresa quella di sopra, e allora si arriverebbe a quello di cui tanto parlano i venditori del quadricanale: cioè al « suono avvolgente », un termine che si spiega da sé.

Lo scopo dei sistemi multicanale è quello di fornire il suono tridimensionale così com'era originariamente, e quattro canali da soli, quelli posteriori per l'ambienza, non riusciranno mai a farlo in maniera pulita.

Il termine *quadrifonia* è un misto di latino e greco. Una forma semanticamente più pura sarebbe *tetrafonia* o *quadrisonia*. Ma siccome lo scopo è quello di provvedere all'ambienza, ovvero alla riproduzione del « suono della sala da concerto », oltre alla musica vera e propria, che oggigiorno con le tecniche di registrazione con i microfoni vicini allo strumento sta diventando sempre più artefatta, si pensa che *ambiofonia* potrebbe essere il termine più adatto. Ma ormai le cose stanno così, ed è troppo tardi per cercare di cambiarle.

Il professor Peter Felgett dell'Università di Reading, il quale mi ha permesso di usare alcune sue dispense, suggerisce di usare il termine *ambisonico* quando si alimentano tre o più altoparlanti con due o più canali per ottenere il suono *pantofonico* mentre l'ascolto veramente sferico, con il suono completamente avvolgente, dovrebbe essere chiamato *perifonico*.

I sistemi rivali

Per una persona della mia età la marcia del progresso tecnologico è abbastanza terrorizzante. Sembra quasi impossibile che nel giro di soli tre anni le tecniche quadricanale abbiano subito, dal punto di vista commerciale, un impulso così grosso. Eppure fu proprio nel 1970 che la Japan Victor Company presentò il suo primo disco « discreto », quasi contemporaneamente al sistema CBS-SQ, seguito prontamente dal sistema QS Regular Matrix della Sansui.

Questi tre sistemi dividono, in varie forme, il mercato, e potrebbero farlo per lungo tempo ancora, dato che oggi i dischi quadrifonici vanno moltiplicandosi in numero, ed i maggiori co-

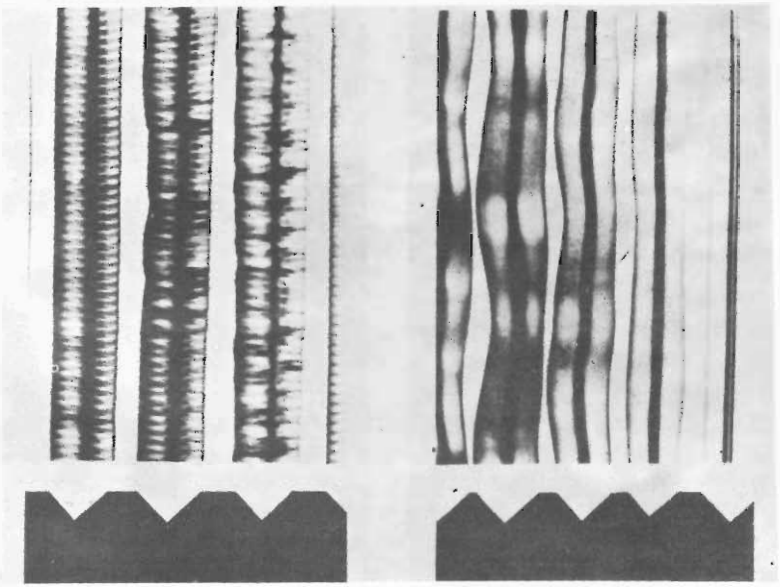


Fig. 9.1 Fotografia ingrandita e sezione trasversale di un disco CD-4 (sinistra) e di un disco stereofonico convenzionale (destra).

struttori vantano un decodificatore per l'adattamento fra i diversi sistemi che spesso, però, ha il solo scopo di mettere in cattiva luce i sistemi rivali!

Per prima cosa dobbiamo considerare il vero sistema quadricanale, cioè il sistema discreto, nel quale i quattro canali vengono registrati e riprodotti separatamente. Considerando i quattro canali che riproducono il suono a sinistra e destra, sia davanti che di dietro, possiamo semplificare questa idea a due sistemi principali. Primo, un sistema completamente separato, praticamente esente da diafonia, con ciascun canale perfettamente separato. Secondo, un sistema « quattro-da-due », il quale seleziona l'informazione del canale posteriore e lo programma di conseguenza. Com'è facile prevedere questo sistema non è separato molto efficientemente.

A questo punto è bene fermarsi un attimo e domandarsi a che cosa stiamo cercando di arrivare — a prescindere dall'acquisto di altri due diffusori e forse di un decodificatore.

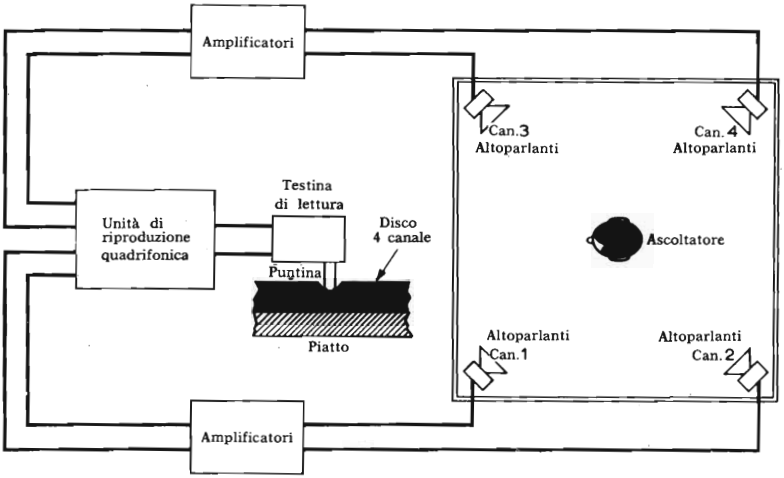


Fig. 9.2 Schema di principio del sistema di riproduzione a quattro canali CD-4, il quale richiede, per la sua utilizzazione, uno stilo ed una testina speciali, un decodificatore, due amplificatori stereo e quattro diffusori.

La stereofonia con due canali riesce ad essere efficace solo soggettivamente e mettendo da parte la componente d'incredulità che essa suscita. In realtà, è come se ascoltassimo « attraverso una finestra ». Questo è uno dei motivi perché alcuni di noi preferiscono un approccio di tipo binaurale, il quale dà l'impressione di trovarsi proprio sul podio. Tutto dipende dall'acustica della stanza: se siete fortunati, e possedete un impianto di qualità, la stereofonia unitamente alla vostra stanza riusciranno a darvi un suono ragionevolmente piacevole.

L'ambienza persa la riguadagnate con la riverberazione della stanza d'ascolto: ma in realtà voi riguadagnate un'ambienza falsata, anche se non ve ne accorgete!

La quadrifonia cerca di ridarci l'illusione perduta della realtà, fornendo l'ambienza persa. Con la quadrifonia completamente discreta si riesce a fare questo registrando i suoni della sala così come li udrebbe l'orecchio, tenendoli separati finché non arrivano agli altoparlanti, e riproducendoli infine al giusto livello — carina come idea, anche se impossibile da realizzare! I moderni sistemi 4-canale cercano di imbrogliare le carte miscelando l'informazione del canale di dietro con quella di fronte e cercando poi — senza riuscirci — di ricostituirla.

La separazione infinita, anche se è impossibile da ottenere, potrebbe essere indicata col simbolo 4-4-4. Per gli appassionati di calcio ciò potrebbe far pensare a qualche modulo di gioco della squadra, ma il peggio deve ancora venire! Il sistema 4-4-4 può essere utilizzato in maniera adeguata solo con sistemi a nastro discreti. Il Sony 366-4 fu fatto con la speranza che fosse disponibile per questo metodo il software, ma ben presto il mercato fece capire che per esso non era possibile utilizzare il disco, e rese il tempo di riproduzione la metà di quello usato prima.

Arriviamo così al sistema simulato che fornisce quattro canali a partire da due, ed esso è il 2-2-4.

Ma i problemi veri cominciano col matrix, per il quale bisogna usare il simbolo 4-2-4, a significare che ciò che inizialmente parte su quattro canali viene elaborato sul disco o sul nastro in due canali, e poi riportato su quattro canali per l'ascoltatore. Il sistema CBS-SQ e il sistema Sansui QS utilizzano entrambi questa procedura, e verranno spiegati meglio tra poco. Qui non è possibile dilungarsi molto, perché l'argomento merita una discussione molto più approfondita, e poi mi sembra di capire che è in preparazione un libro sull'argomento, che tratterà sia la metafisica che l'elettronica della quadrifonia.

I quattro canali discreti

La sorgente ovvia del suono 4-canale discreto è la cartuccia a 8 tracce. Per la stereofonia, le tracce, di solito, sono accoppiate la 1 con la 5, la 2 con la 6 etc. e, rovesciando il tutto, la 3 con la 7 e la 4 con la 8, per avere la massima separazione fra le tracce. Ma la separazione fra tracce adiacenti non è buona, e i sistemi che utilizzano le cartucce tendono a peggiorare la situazione.

In particolare il rapporto segnale-rumore è tremendamente basso.

La JVC è quella che ha introdotto, finora, l'unico sistema a dischi discreto; in esso i canali posteriori vengono incisi col CD-4 sulle stesse pareti laterali usate per i canali di fronte. Per inciso, C sta per compatibilità, e D per discreto. In altre parole, per riuscire ad essere compatibile con gli utenti stereofonici, la JVC è stata costretta a rendere il suo sistema « leggibile » anche dai normali apparecchi stereo.

Le due pareti del solco del disco vengono modulate dalla

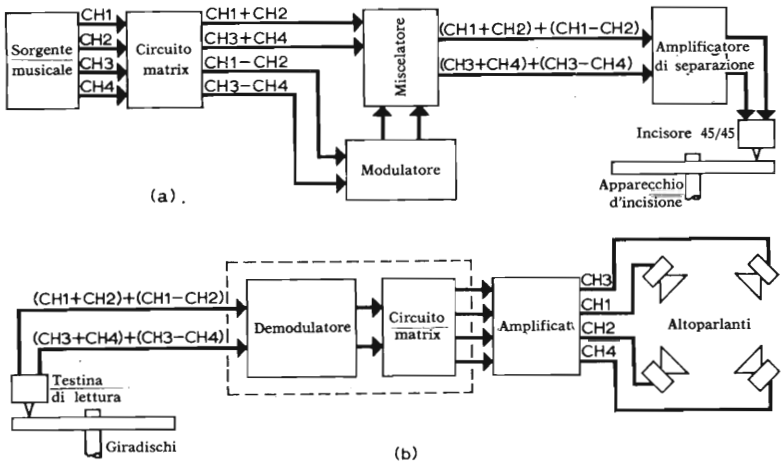


Fig. 9.3 Schema a blocchi del sistema discreto JVC CD-4: (a) il disco viene inciso in modo da combinare fra loro i segnali somma e differenza, e (b) viene riprodotto da una testina a larga banda munita di uno stilo speciale; infine il segnale letto viene decodificato.

combinazione di segnali. La parete sinistra porta la somma del segnale sinistro anteriore e di quello sinistro posteriore fino a 15 KHz, più un segnale che è la differenza fra quello anteriore sinistro e posteriore destro. Questi segnali sono modulati in frequenza (o in fase) da una portante a 30 KHz. E la stessa situazione vale per la parete destra. In questo modo una puntina stereofonica riesce a tracciare effettivamente i segnali destro e sinistro come prima, ma le componenti di frequenza più alta possono essere tracciate solo con uno stilo speciale; esse vengono poi demodulate e aggiunte al segnale somma, che è quello relativo ai canali anteriori.

Per questi sistemi c'è bisogno quindi di una testina ad alta frequenza e di un decodificatore. Come larghezza di banda necessaria è stata stabilita 45 KHz, e per il tracciamento delle piccolissime variazioni nelle pareti del solco che portano il segnale differenza, e quindi l'ambienza, è stata sviluppata una puntina a taglio Shibata.

Grazie al suo taglio particolare lo stilo Shibata offre un miglior contatto con le pareti del solco.

Ma i problemi nascono durante la fase di incisione, anche

se non tutti amano parlarne. Riuscire ad ottenere una gamma di frequenze di 45 KHz, a 33 1/3 giri al minuto, è praticamente impossibile. Le incisioni del disco master vengono fatte a 22,5 giri al minuto.

L'ultima novità, al momento attuale, riguarda il nuovo sistema della JVC la quale ha sviluppato anch'essa il suo apparecchio a cassette con 8 tracce; esso sfrutta quattro tracce in ciascuna direzione e il nastro è sempre quello da 3.81 mm.

Non oso pensare quali valori del rapporto segnale-disturbo e di diafonia possa avere... Non che tali inconvenienti intacchino in qualche modo le vendite: i miei informatori americani mi dicono che sono stati venduti più di un milione e mezzo di decodificatori 4-canale, e che il 50% degli apparecchi giapponesi prodotti per il mercato americano sono predisposti per la quadrifonia!

Il sistema matrix

C'è un punto importante che troppo spesso i sapientoni hi-fi trascurano, e cioè l'importanza delle stazioni radio stereofoniche f.m. Negli Stati Uniti esse sono tutte concordi nel favorire il sistema matrix: ed è naturale, dal momento che l'unica cosa che devono fare è trasmettere il disco (o nastro) inciso. Il resto viene lasciato all'ascoltatore, che deve decodificare il segnale elaborato col matrix.

La trasmissione discreta sarebbe troppo costosa, e questo, ancora una volta, rappresenta un duro colpo per l'appassionato alla ricerca della vera alta fedeltà, il pugno ben inguantato in quella fascia denominata « compatibilità ».

Elaborare col matrix significa semplicemente miscelare in modo tale che il segnale possa essere « smiscelato » senza perdite. Esistono due sistemi principali, lo SQ e il QS. È necessario considerarli separatamente, ma prima dovremmo vedere qual'è la situazione dell'attuale mercato. La CBS preferisce l'SQ e la Sansui il QS. Subito dietro a loro troviamo la Sony e la EMI che optano per il sistema SQ, senz'altro il più diffuso in Giappone e negli USA.

Negli USA sedici case discografiche (etichette) optano per il matrixing SQ e ci sono oltre 200 dischi nei vari cataloghi, 255 cartucce ad 8 tracce e molte altre da venire. La Sansui annuncia

però di avere già prodotto 300 dischi QS matrix su scala mondiale. I dischi CD-4 sono rimasti indietro, per il momento, con 168 pezzi, di cui solo 13 prodotti dalla RCA, e che per la fine del 1973

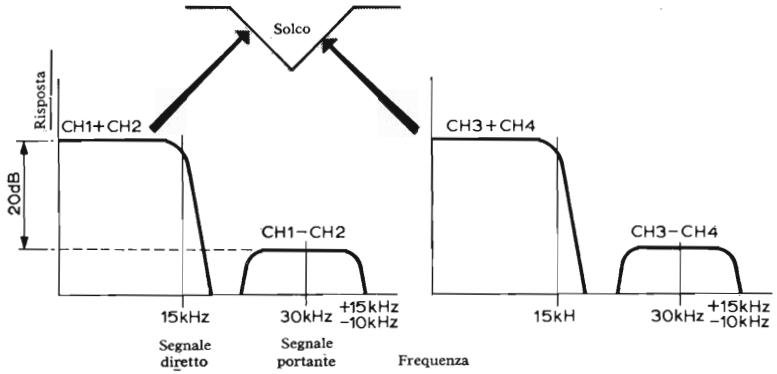


Fig. 9.4 La risposta in frequenza necessaria per il sistema CD-4.

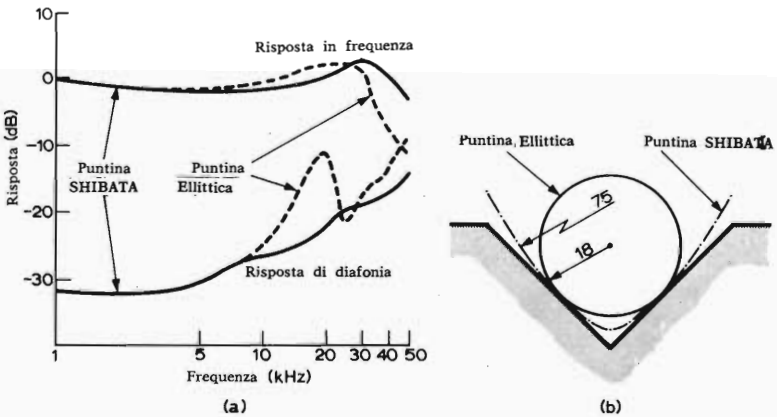


Fig. 9.5 Per raggiungere la larghezza di banda necessaria al CD-4, è richiesta una testina capace di lavorare fino a 45kHz ed il cui stilo abbia un profilo come quello illustrato in (b). Lo stilo Shibata ha una superfice di contatto che è 4 volte quella di una normale puntina sferica. Viene usato un raggio di 7 microns per ridurre al minimo i problemi d'attrito col disco e per ridurre anche le distorsioni di fase; in questo modo il peso d'appoggio diminuisce con conseguente riduzione del rumore e, così dicono, minor usura del disco. La curva di risposta (a) riassume in termini più precisi i vantaggi dello stilo.

saranno portati, forse, a 100. Siccome il FCC non ha dato finora nessun consenso per le trasmissioni discrete c'è da aspettarsi un certo ritardo.

Tuttavia gli implificatori di alta qualità prodotti dalla National Panasonic e dalla Philips Ltd. sono corredati con decodificatori CD-4.

In Gran Bretagna, oltre 60 costruttori sono impegnati nella produzione di apparecchiature per l'SQ, compreso il formidabile gruppo Garrard-Plessey. La EMI vanta un decodificatore speciale con un'opzione « blend » (« fusione ») fissa, ed un interruttore per l'ambienza, mentre la Sony dispone oggi di due o tre decodificatori che vedremo meglio fra breve.

Per complicare ancora di più le cose, la EMI produce degli altoparlanti speciali per il suono quadrifonico, capaci di fornire l'ambienza a partire da un amplificatore solo stereofonico. Questi altoparlanti hanno le bobine a doppio avvolgimento collegate in serie, a 16 ohms, con un rapporto di impedenze di 11:5.

Esistono moltissimi decodificatori, i quali sembra riescano a convertire qualsiasi cosa in qualsiasi altra cosa, ma tutti con l'inconveniente della « confusione nel mezzo ».

La tecnica matrix da sola ha sempre un po' di diafonia, e darà sempre del suono non voluto. La direzione da cui proviene il suono indesiderato dipende dal tipo di matrix usato. Se confrontiamo i vari sistemi vediamo che: il QS della Sansui non dà

Fig. 9.6 L'amplificatore integrato quadrifonico JVC-Nivico MCA-V7E, che funziona sia da amplificatore discreto che come dispositivo « 4 da 2 ».

diafonia diagonale, mentre l'SQ Sony non dà diafonia sui canali destro e sinistro anteriori. Fate il vostro gioco, signori! Soldi alla mano e puntate!

Si potrebbe discutere a lungo sulle ragioni matematiche e psicologiche per cui uno debba essere migliore dell'altro ma la conclusione sarà sempre che l'unico sistema da comprare è quello che riuscite ad ascoltare, e con il quale riuscite a vivere, meglio.

I sistemi SQ

CBS e Sony sono i nomi che stanno dietro al sistema SQ, il quale registra i canali anteriori come sul disco stereo convenzionale. I canali posteriori vengono incisi con uno sfasamento relativo di 90° in direzioni opposte, imprimendo allo stilo un movimento quasi elicoidale: il canale sinistro in senso orario, il canale destro in senso antiorario.

Sfruttando questo moto elicoidale si riesce ad avere una ottima separazione fra i due canali anteriori e i due posteriori, non altrettanto fra le diagonali di fronte e di dietro. Il vantaggio di una buona separazione anteriore consiste, naturalmente, nella possibilità di mantenere la compatibilità con la stereofonia a due canali, però la perdita di separazione fra le diagonali avanti-dietro causa quella « confusione nel mezzo » che, per molti di noi, rende la quadrifonia priva di ogni vantaggio.

Fortunatamente c'è la possibilità di usare i circuiti logici, ed i circuiti integrati (i « chips ») cominciano a costare di meno. Cosicché tra breve sarà possibile avere quasi la stessa separazione tipica dei circuiti discreti, con conseguente diffusione del sistema CBS-Sony.

La larghezza di banda dei dischi incisi è la stessa dei dischi registrati in stereo, non c'è bisogno di usare puntine speciali, e l'impegno con cui oggi si lavora intorno ai decodificatori fa prevedere un futuro abbastanza tranquillo e privo di fastidi.

La decodifica SQ

Il decodificatore e il circuito logico del Sony SQD 2020 riassume in sé le maggiori caratteristiche dei sistemi SQ. Esso consiste di un decodificatore SQ base, di un blocco A.G.C., di una

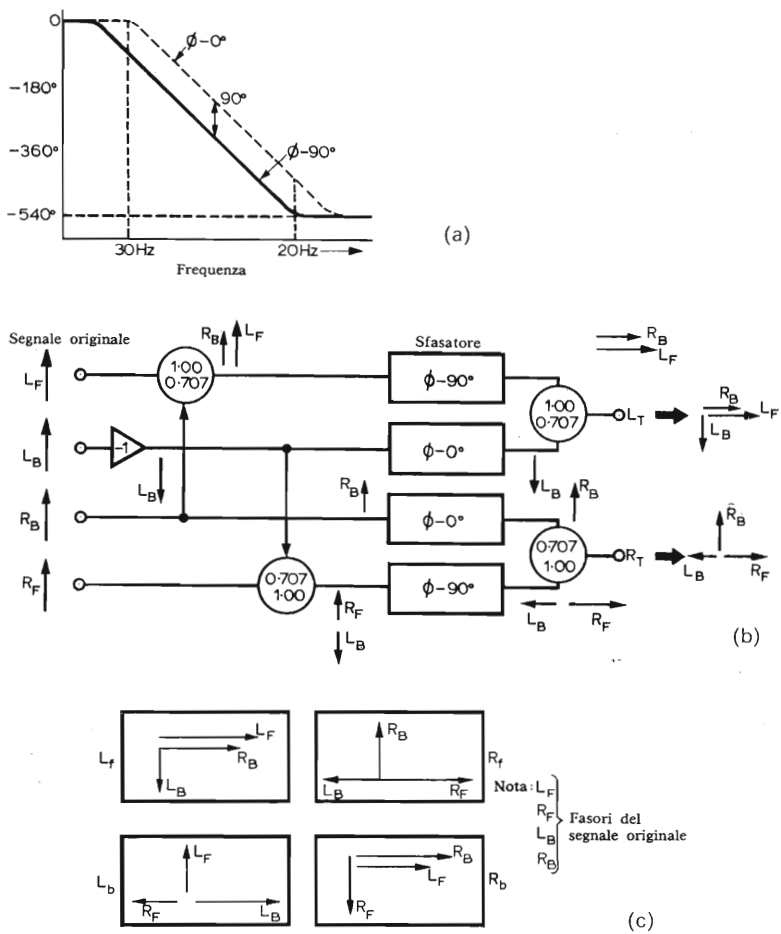


Fig. 9.7 Il sistema matrix SQ della Sony-CBS: (a) risposta dello sfasatore, (b) codifica, e (c) le fasi di quello che si ottiene dopo la decodifica.

logica per l'adattamento d'onda, di una logica avanti-dietro, di un amplificatore differenziale, di un circuito di controllo temporale e di un amplificatore per il controllo del guadagno. Una breve spiegazione del funzionamento di questo dispositivo dovrebbe aiutare a capire qualcosa sul sistema matrix.

Riferendoci alla Fig. 9.7, vediamo, in (b), come i quattro

canali del segnale originale vengono codificati in due canali. Nel diagramma le freccette rappresentano gli sfasamenti, e, in (c), la decodifica dei segnali viene illustrata dalle direzioni relative dei fasori nel segnale combinato. Gli elementi adibiti allo sfasamento (o « sfasatori ») funzionano secondo il principio illustrato in (a), ed in effetti si tratta di circuiti abbastanza semplici.

Essi sono progettati in modo da far passare tutte le frequenze audio fra i 30 Hz e i 20 KHz, sfasandole contemporaneamente di 90°.

Nel solco inciso ci può essere, per esempio, un segnale posteriore sinistro con uno sfasamento di 90° fra le incisoini relative a ciascuna parete, in modo che i picchi della parete destra anticipino di un quarto di ciclo quelli della parete sinistra. Da cui il movimento elicoidale dello stilo menzionato prima.

Nella decodifica SQ, l'uscita degli elementi che effettuano lo sfasamento di $\Phi - 0°$ viene usata come segnale anteriore, mentre i segnali posteriori si ottengono miscelando le uscite degli elementi che sfasano di $\Phi - 0°$ e di $\Phi - 90°$, come si vede dalla Fig. 9.8. Per ottenere l'inversione di fase degli elementi « sfasatori », si sfrutta la differenza di fase tra l'emettitore ed il collettore di un transistor.

In questo modo, chiamando i due segnali codificati L_T e R_T si ottengono 0,707 L_T ($\Phi - 0°$) e R_T ($\Phi - 0°$) sommato a R_T ($\Phi - 90°$) ed L_T ($\Phi - 0°$), i segnali che vanno usati per i canali posteriori destro e sinistro.

Notate che in questo tipo di decodificatore si fa uso di un amplificatore per il controllo di guadagno, controllato da un circuito logico ad ampiezza variabile; esso determina quale deve essere l'uscita finale anteriore e posteriore e le relazioni fra i canali.

In questo progetto la separazione fra i canali si ottiene portando delle migliorie ad un punto debole imposto dal sistema, e ciò serve effettivamente a migliorare la separazione fra la parte centrale anteriore e posteriore. La procedura consiste nel miscelare il 10% della parte frontale e il 20% della parte posteriore. Nella Fig. 9.8 troviamo la resistenza R 728 che « mischia » tra loro i canali anteriori mentre R 727 fa la stessa cosa ma in misura molto maggiore.

A questo punto si potrebbe ripetere quello che affermano i responsabili della Sansui nella appendice alle spiegazioni tecniche relative al sistema di codifica QS.

In tale libretto essi passano in rassegna prima i vantaggi del sistema SQ, per poi confutarli con le proprie argomentazioni. I punti qualificanti del sistema CBS-Sony sono: a) la possibilità di controllare indipendentemente quattro canali; b) una compatibilità completa; c) l'adattabilità del sistema SQ alle attuali trasmissioni f.m.; d) una separazione destra-sinistra migliore di quella di altri sistemi matrix; e) capacità di controllare i quattro suoni degli altoparlanti come se fossero quattro canali diversi; f) la capacità di ottenere un a solo sonoro mandato dentro uno dei quattro canali in un grosso cerchio.

Tutte cose che a prima vista sembrano veramente importanti, tranne poi ricredersi leggendo quel che segue...

Secondo la Sansui i fautori del SQ affermano che la modulazione elicoidale (v. sopra) gioca un ruolo chiave per la compatibilità. Loro — cioè Sansui — hanno provato i primi dischi prodotti dalle case « nemiche » e hanno trovato che non era più

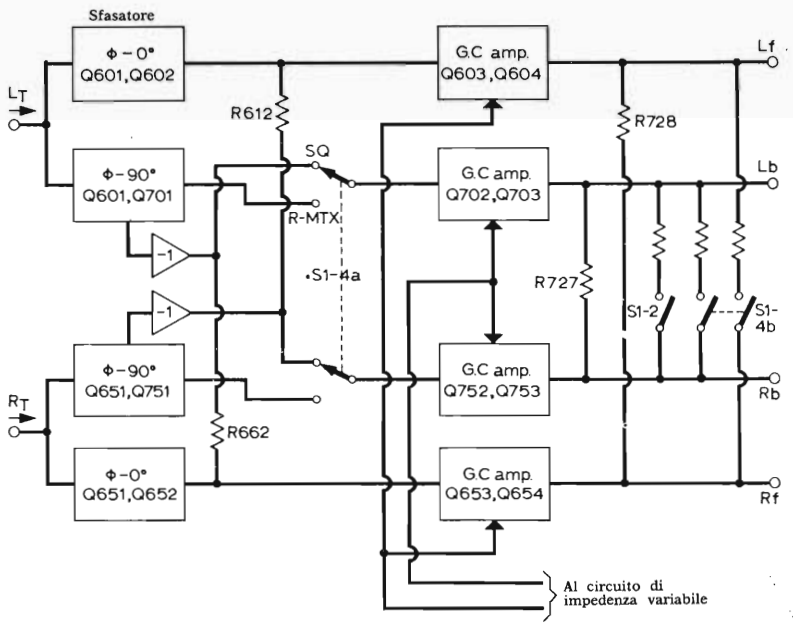


Fig. 9.8 Schema a blocchi semplificato della sezione di decodifica del decodificatore Sony SQD-2020.

possibile la compatibilità mono completa, a causa del modo con cui CBS e Sony avevano usato i segnali sfasati.

Riassumendo il secondo punto della Sansui, essi affermano che tutti i vantaggi dichiarati per l'SQ valgono solo se si usa una logica di tipo « switching ». Personalmente considero questa affermazione abbastanza vendicativa e poco fondata, perché la logica « switching » è sempre attuabile con la tecnica dei moderni circuiti integrati, non introduce grosse spese in più per la progettazione dei decodificatori, e non presenta nessuno svantaggio intrinseco.

A questo proposito la Sansui afferma che il sistema rivale sarà sempre troppo costoso; tuttavia l'esperienza nel settore audio mi ha convinto che il prezzo non è un fattore vitale: oggi la gente può usufruire dei sofisticati e costosi apparecchi di ieri grazie allo sviluppo tecnologico. I semiconduttori che pochi anni fa costavano un occhio della testa sono reperibili oggi a poco, grazie alle tecniche di fabbricazione ed alla produzione in serie. Il costo non è mai un fattore decisivo.

Tralasciamo i tre punti seguenti, che non è il caso di approfondire qui. Come affermava Peter Felgett, professore di Cibernetica e Strumentazione all'università di Reading: « *... le uscite di due canali possono essere combinate in un qualsiasi numero di modi ...* » e poi « *È consolante il fatto che il metodo stereofonico originale di Blumlein fosse perfettamente in grado di fare ciò (fornire l'ambienza) nella direzione orizzontale; l'unico inconveniente era l'ambiguità angolare di 180° ed alcuni problemi relativi connessi con la fase. Tutti i più recenti sviluppi, se volete, non hanno fatto altro che cercare di risolvere questa ambiguità ...* ».

La codifica QS

Ma ritorniamo a bomba! La Sansui, con il suo sistema di codifica QS offre un'alternativa che merita la nostra attenzione. Nel maggio 1970 essa presentò il primo decodificatore quadricanale del mondo e ben presto il QS-1 venne venduto in oltre 50 paesi. Le stazioni F.M. giapponesi adottarono subito il nuovo sistema, e già nel dicembre 1970 Tokyo (80 MHz), Osaka (85,1 MHz), Nagoya (80,7 MHz) e Fukoaka (80,7 MHz) usavano il sistema a quattro canali Sansui.

Attualmente, sono stati editi più di 300 dischi, registrati col metodo matrix « ordinario » che si ispira all'idea Sansui; un numero che supera di molto quello dei dischi incisi con altri sistemi. Ma una statistica così fatta può trarre in inganno. La Sansui infatti, dopo tutto questo bel lavoro, potrebbe essere portata a dedicarsi ad un sistema che, anche se non eccezionale nella separazione fra i canali e nell'eliminazione della distorsione, è più facilmente commerciabile.

Che cosa c'è di speciale, dunque, nel sistema QS? Le particolarità consistono nell'uso di « sfasatori » di $\pm$ 90° e nell'uso di angoli vettoriali di 22.5° per l'incisione del disco (per i solchi di un normale disco). Non c'è bisogno di essere dei tecnici per capire sulla Fig. 9.9 che la Sansui sfrutta il sistema 4-2-4 da noi già incontrato, solo che questa volta gli angoli di fase sono leggermente diversi. Volendo essere obiettivi con loro, essi hanno solo presentato il problema, senza risolverlo in modo semplice.

Il sistema QS sfasa i canali posteriori destro e sinistro di $\pm$ 90°, invece di usare il metodo di inversione di fase di 180°. Così facendo nel decodificatore il segnale sinistro posteriore viene « ruotato » di — 90° e quello destro posteriore di + 90° Secondo la Sansui l'informazione di ciascun canale può essere trattata allo stesso modo solo quando gli angoli vettoriali tra i quattro canali sono identici, quando cioè ognuno vale $\pi/8$ ($2\Phi = \pi/4$).

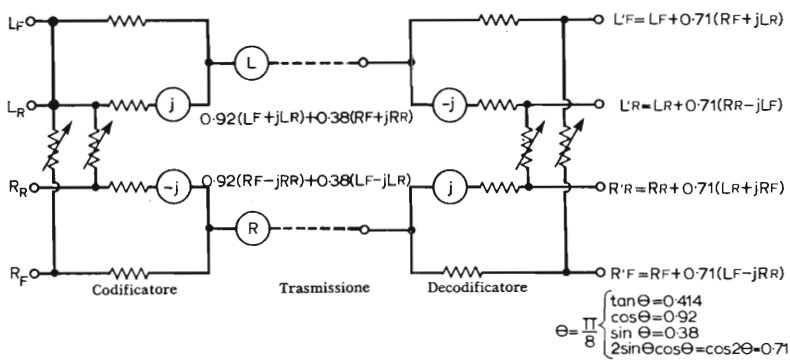


Fig. 9.9 Schema a blocchi del sistema di codifica QS Sansui, il quale fa uso di sfasatori a 90° e di angoli di incisione fra i quattro canali nel solco del disco di 22.50.

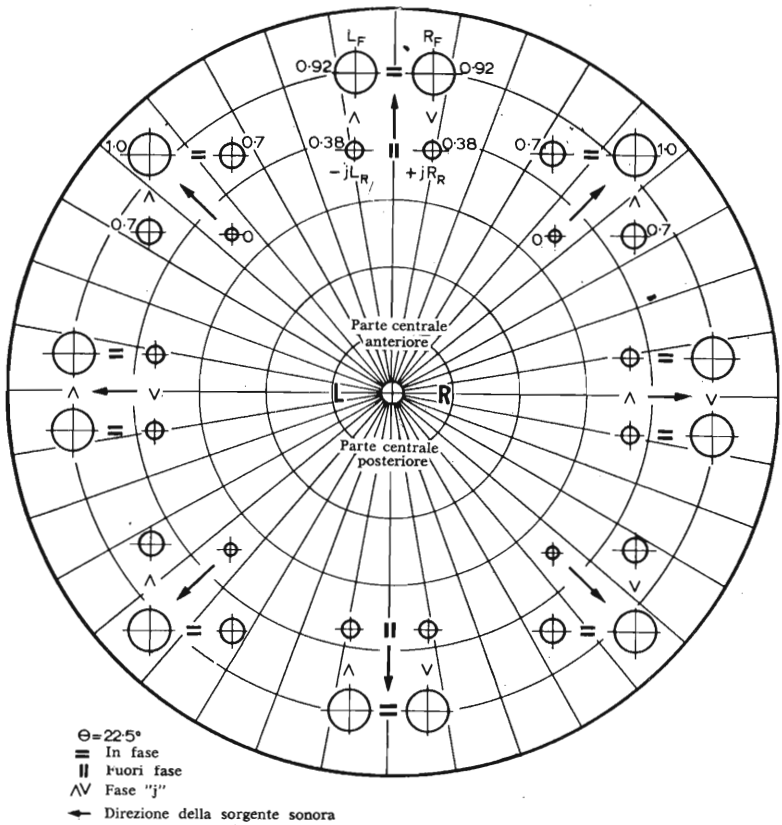
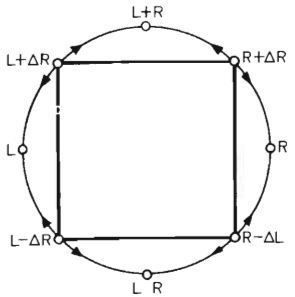


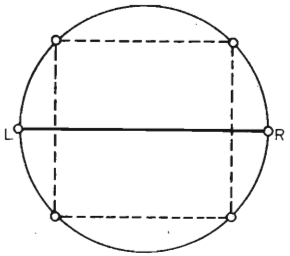
Fig. 9.10 Diagramma della risposta in pressione sonora e relazioni di fase fra i canali di un campo sonoro riprodotto, così come lo descrive Ryosuke Itoh della Sansui inventore del sistema QS.

La Fig. 9.11 confronta le posizioni, dei vettori nei vari sistemi; il fatto importante è che il sistema Sansui adotta per Δ il valore 0.414. Infatti secondo loro se ad L_F viene inviato un segnale di 1 V, allora le uscite del decodificatore per i quattro canali sono:

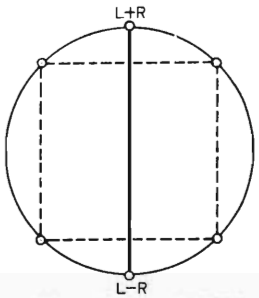
$$L_F = (1 + \Delta^2) \times 1\ V = 1{,}713\ V$$
$$R_F = (2\Delta \times 1\ V) = 0{,}829\ V$$
$$L_R = (1 - \Delta^2) \times 1\ V = 0{,}828\ V$$
$$R_R = 0\ V$$



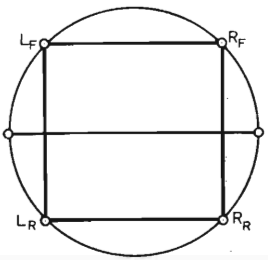
Percorsi principali ($0 \leqq \Delta \leqq 1$)



(B) Per $\Delta = 0$: Sistema convenzionale a 2 canali

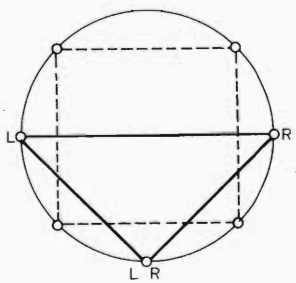


(C) Per $\Delta = 1$: Immagine mono del suono diretto sulla parte centrale anteriore e suoni mono indiretti sulla parte centrale posteriore



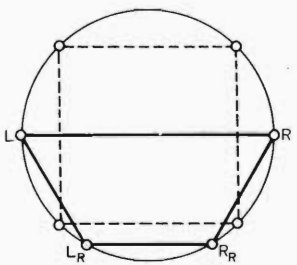
(D) $\Delta = 0{,}414$

Sistema Sansui
Sistema Scheiber
Sistema J.O.K.E.



(E) Davanti $\Delta = 0$
Dietro $\Delta = 1$

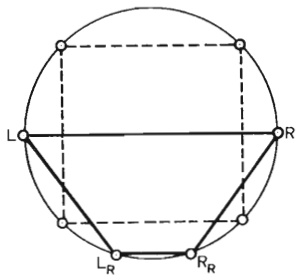
Sistema J. (Giapponese)
Sistema S. (—idem—)
Sistema P. (—idem—)



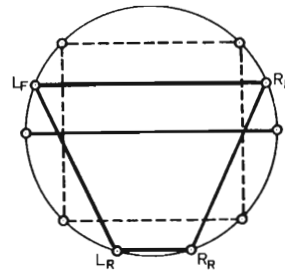
(F) Davanti $\Delta = 0$
Dietro $\Delta = 0{,}5$

Sistema Dynaco II
Sistema P. (Giapponese)

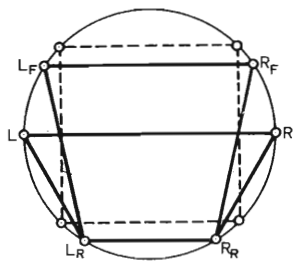
Fig. 9.11 I vari metodi matrix così come li vede la Sansui, la quale confronta la scelta degli angoli di fase che fanno gli altri costruttori con quella sua, che viene posta a 0,414.



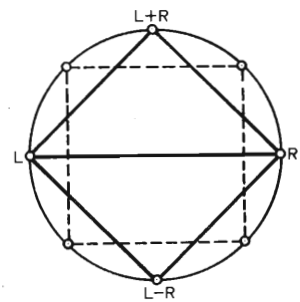
(G) Davanti $\Delta = 0$
Dietro $\Delta = 0{,}717$ Sistema K. (Giapponese)



(H) Davanti $\Delta = 0{,}18$
Dietro $\Delta = 0{,}7$
Sistema Electro-Voice



(I) Davanti $\Delta = 0$ Oppure 0,4 (a scelta)
Dietro $\Delta = 0{,}5$
Sistema J. (Giapponese)



(J) Davanti $\Delta = 1$
Dietro $\Delta = 0$
Sistema Dynaco I o « speaker matrix » ordinario

Cosicché il segnale per L_F ha una posizione ben determinata. Se Δ è più grande di 0,414, il segnale che prima veniva ascoltato in L_F proviene ora da destra rispetto alla sua posizione originale: un valore minore di 0,414 avrebbe invece come effetto quello di spostare L_F verso destra.

Come commento finale sul sistema QS riportiamo la Fig. 9.10, tratta da un lavoro di Ryosuke Itoh contenuto nei rendiconti della Audio Engineering Society, la quale fa vedere i diagrammi di risposta della pressione sonora e le relazioni di fase fra i canali quando si riproduce un campo sonoro.

I microfoni e le cuffie

Alcuni dei problemi della quadrifonia sono legati al modo

per assicurarsi materiale da usare come sorgente; altri al modo per la sua presentazione.

I microfoni per il suono 4-canale, si potrebbe pensare, non dovrebbero presentare difficoltà. Dopotutto, buona parte del materiale registrato viene oggi captato da una miriade di microfoni, per poi essere elaborato in un certo numero di uscite ad un banco di « missaggio » da un tecnico che abbia una certa « educazione » musicale. Però non è facile costruire un tale aggeggio. Nel numero del maggio 1973 del « Journal of the Audio Engineering Society » Takeo Yamamoto faceva delle considerazioni molto interessanti, che, senza dubbio, porteranno all'introduzione di microfoni quadrifonici puntiformi.

Egli ha studiato a fondo i sistemi vibranti dei microfoni a nastro e a capacità, e ha scoperto che elaborando opportunamente tali sistemi è possibile realizzare un microfono con quattro diagrammi unidirezionali. Anche se sul nastro o sul diaframma arrivano quattro onde sonore con fasi diverse è ancora possibile ottenere un diagramma unidirezionale.

Non vi è alcun dubbio che presto potremo usare semplici dispositivi di questo tipo, con i quali l'utente ordinario potrà avventurarsi nella quadrifonia senza i dubbi e le seccature derivanti dal dover montare una serie di microfoni collegati con un matrix.

Le cuffie quadrifoniche le abbiamo già, naturalmente. Nel numero di giugno del 1973 Audio (USA) ha pubblicato una rassegna di 13 modelli differenti.

Il direttore faceva risalire la prima menzione di un dispositivo del genere al giugno del 1970, per opera di Jon Fixler. Nel brevetto originale si usavano due unità montate su ciascun lato, entrambe dietro, ed il suono proveniva da un'apertura.

Da allora, sono state sviluppate varie idee, alcune legate al perfezionamento di quella originale, altre basate sullo sviluppo della configurazione alternativa lato-a-lato.

La commissione d'ascolto comprendeva cinque persone, cui non veniva detto quando si passava al formato quadrifonico. I segnali comprendevano sinusoidi con frequenza compresa fra i 400 e gli 8 KHz, onde quadre con una gamma di frequenze analoghe, rumore bianco su due e quattro canali e infine la riproduzione di un brano musicale. Come ebbe a dire il direttore: « questo test provocò quasi un ammutinamento! ». Per un osservatore imparziale il punto più interessante è quello relativo

alle testine usate per la prova: nessuna di loro fu giudicata controindicata per la quadrifonia, e tutte quante aggiungevano, quando lavoravano su quattro canali, un'indefinibile dimensione di spaziosità.

Tuttavia il suono binaurale non è stereofonico, e la localizzazione spaziale è un fattore che Howard Souther della KOSS definisce: « ... ingannevole per il cervello che capta le sensazioni dell'auditorio e ricrea in qualche modo la situazione reale »; e allo stesso modo le cuffie stereofoniche vanno considerate, al più, un compromesso per il suono avvolgente. Forse è significativo che per ottenere un effetto più « naturale » si è pensato bene di mescolare leggermente i segnali anteriori.

10. Riparazione di apparecchi stereo

Le apparecchiature stereofoniche presentano dei problemi di manutenzione un po' particolari, il che, in un momento in cui parlare di monofonia può sembrare un arcaismo, va visto senz'altro come una affermazione inadeguata per i tempi che corrono. Un'apparecchiatura stereofonica, proprio perché ha due o più canali risulta spesso più facile da riparare che non un apparecchio ad un canale solo, sul quale molti di noi si sono fatte le ossa.

Però, sebbene uno riesca a confrontare i canali, a riferire i segnali di destra a quelli di sinistra, e ad eguagliare tensioni, correnti e resistenze, con una certa facilità, c'è sempre un fattore che causa non pochi dispiaceri: il riuscire a mantenere i segnali destro e sinistro indipendenti tra loro, o comunque fare in modo che nella catena dell'impianto non si generino disturbi di interferenza reciproci.

La separazione fra i canali

Nei capitoli precedenti abbiamo visto come viene creato il segnale stereo, il perché sia meglio creare un suono che circondi l'ascoltatore piuttosto che « affrontarlo » brutalmente, e i processi di trasduzione che ci permettono di avvicinarci alla situazione sonora ideale.

In tutti i processi descritti si è avuto a che fare con la separazione stereo.

Il canale sinistro, dal microfono all'altoparlante, dovrebbe trattare solo i segnali che gli competono, e la stessa cosa vale

per il canale destro. Dopo che i suoni fuoriescono dagli altoparlanti essi sono liberi di fondersi o di essere assorbiti, permettendoci ancora una volta di « rivivere » il palcoscenico sonoro, quantunque l'acustica della stanza d'ascolto abbia il suo peso. Fin qui la teoria. Nella pratica c'è sempre la diafonia che fa capolino con la sua brutta faccia.

Una parte del tempo che dedichiamo alla manutenzione viene inevitabilmente impiegata per scoprire le cause della diafonia e per eliminarla. Ci sono situazioni in cui un tecnico non sa che fare di fronte a guasti dovuti ad anomalie di progetto.

Non di rado sono i clienti critici che lo aiutano a trovare il bandolo della matassa, in situazioni in cui non aveva capito molto. Poi, dopo aver fatto ricorso agli strumenti del caso, si trova a dover effettuare un delicato lavoro di « scavo », o, se è il caso, davanti allo spiacevole compito di spiegare al cliente che, a meno di non apportare delle modifiche drastiche all'apparecchio, non è possibile che questo riesca a separare il corno dalle tuba.

La misura della diafonia dalla « parte posteriore » dell'apparecchio sembra abbastanza facile. Uno attacca il segnale sorgente ad un canale, e legge o guarda qual'è l'effetto sull'altro canale. Ma è più facile a dirsi che a farsi!

Tanto per cominciare, bisognerebbe ripristinare la situazione « dal vivo » nel miglior modo possibile. È molto difficile che un pezzo stereofonico abbia un segnale che sia contenuto interamente su un solo canale. In realtà, il segnale stereo radiotrasmesso ha delle variazioni così nette che c'è bisogno di compensare con un po' di diafonia, mandando in pratica parte del contenuto del segnale destro sul sinistro, e viceversa, però in opposizione di fase per eliminare i fastidiosi fenomeni di « hangover » (o di « sospensione », vedi capitolo 5).

Le testine per giradischi, per le loro caratteristiche meccaniche e magnetiche, possiedono un'efficienza di diafonia ridotta e solo il nastro è in grado di darci la vera separazione stereo, purchè le registrazioni vengano fatte su tracce fisicamente ben separate.

Il termine diafonia (dall'inglese « crosstalk », lett.: « conversazione incrociata ») preso alla lettera, si spiega da sé. Nel peggiore dei casi la si può ascoltare. Come per esempio quando si riproducono dischi con una forte modulazione da una parte e un piccolo segnale di sottofondo dall'altro canale, e quando i suoni di sinistra sarebbero più evidenti dal canale destro, e viceversa.

Ma, cosa molto più importante, l'effetto del segnale incorretto può essere quello di innescare dell'intermodulazione nella catena di amplificazione, aumentando così la distorsione che si ottiene da questo mescolamento dei segnali, e « rendendo quindi prive di significato le misure effettuate per verificare le specifiche dell'apparecchio in considerazione ».

Il problema del controllo dei dati tecnici

Sulle riviste specializzate (che continuano a proliferare come funghi) si fa tanto rumore sull'inadeguatezza delle prove per il controllo delle specifiche. Di solito quella che si lamenta di più è la gente con interessi più spiccatamente musicali, le cui argomentazioni sono generalmente: « Se non dobbiamo ascoltare le onde quadre, che bisogno c'è di misurarle? ».

Se mi avete seguito per tutti e nove i capitoli precedenti non è necessario che sprechi fiato per la risposta. In generale deve esserci un punto di riferimento standard, qualche livello cui un qualsiasi apparecchio audio debba riferirsi. Non serve proprio a niente fidarsi « solamente » delle proprie orecchie, a meno che — e insisto su questa condizione — uno abbia la possibilità di ascoltare l'apparecchio per parecchie settimane, almeno.

Per aver parlato bene di un apparecchio il sottoscritto è rimasto scottato una volta: infatti i proprietari lamentarono poi una certa fatica all'ascolto, causata, come ebbi a rilevare dopo, da instabilità d'alta frequenza che nelle prime prove non erano state messe in evidenza; per cui sono fermamente convinto che le prove di laboratorio e le prove d'ascolto debbano complementarsi fra loro.

Questo è il motivo per cui prima di mettere le mie opinioni per iscritto chiedo che gli apparecchi mi vengano lasciati in visione per almeno un mese.

Le misure di diafonia sono abbastanza dirette. Si manda un segnale su un canale e si legge quello che c'è di cambiato sull'altro canale. Tuttavia bisogna fare un po' più di attenzione a come è fatto il segnale, alla sua frequenza, alla sua forma d'onda, e ai livelli relativi di ciascun canale. A proposito di diafonia le norme British Standard BS 3860 1965, Section 23 (d) asseriscono, per esempio:

« Entrambe le sezioni amplificatrici devono essere attaccate

ai carichi artificiali standard, e il controllo del bilanciamento deve essere effettuato secondo le istruzioni fornite. Il segnale di audio-frequenza va applicato su uno dei canali, mentre l'ingresso dell'altro canale è chiuso su un'impedenza opportuna, adatta cioè per tutto l'intervallo di frequenze coinvolte nella misura. I controlli di tono andranno posti sulla posizione che dà la risposta più uniforme, mentre il controllo di volume starà al massimo. Il livello del segnale audio d'ingresso a 1000 Hz viene regolato in modo da fornire, per il canale in questione, la potenza d'uscita di riferimento ».

Messa in questo modo la cosa assume un altro aspetto. Infatti se ne deduce che le misure vanno fatte sull'intervallo di frequenze utili per l'amplificatore, e facendo attenzione ai possibili sovraccarichi. Per evitare ciò il livello d'uscita più basso deve essere riportato anch'esso nei risultati, facendo attenzione, prima, ad eventuali ronzii. Esse mettono in evidenza il fatto che le prove vanno ripetute con i canali scambiati e vanno effettuate « su posizioni del controllo di volume e dei toni equivalenti ».

È proprio in quest'ultima frase, apparentemente così innocente, che si nasconde il trucco. Molti amplificatori esibiscono buone caratteristiche di diafonia alla frequenza di riferimento, ma quando si cambia frequenza e livello, o quando si spostano i controlli di tono, le cose peggiorano di molto. E se ci riflettete un attimo su capirete che questa dipendenza anomala dal livello e dalla frequenza è in aperta contraddizione con il normale lavoro che deve fare un amplificatore. Quando è usato « normalmente » il livello dell'amplificatore varia costantemente, così come le frequenze che esso utilizza, che variano in ogni momento.

L'uguaglianza

Sempre nel British Standard si afferma, tra l'altro, l'importanza che ha l'uguaglianza di fase tra i due canali di un amplificatore stereo. Viene anche suggerito un metodo per misurare « l'uguaglianza » dei canali. Il termine di per sé viene descritto come « il rapporto fra la tensione d'uscita media dei canali combinati, entrambi alimentati con segnali uguali e in fase, e la tensione d'uscita media dei canali combinati, alimentati entrambi questa volta con segnali uguali ed in opposizione di fase ».

Per fare la misura si consiglia di usare lo schema di Fig. 10.1,

in cui la sorgente audio, ovvero il generatore, deve poter fornire segnali uguali in opposizione di fase.

Nella disposizione al paragrafo 23. c (ii), viene fatta una affermazione abbastanza particolare a proposito della posizione dei controlli: « Mettendo i controlli di tono in posizione normale il controllo di volume va posizionato al valore massimo. Il controllo del bilanciamento, se c'è, deve stare sulla frequenza di riferimento standard oppure secondo le istruzioni del costruttore ». Al che, si potrebbe obiettare: « Cosa si intende per normale? », oppure criticare i dati tecnici incompleti o molto specifici forniti dai costruttori meno scrupolosi.

Dopo aver preparato l'attrezzatura per la prova, bisogna riuscire ad ottenere una lettura dell'uscita media, mediante opportune resistenze di carico e bilanciando gli ingressi in modo che abbiano la stessa fase; poi, sempre alla frequenza di riferimento di 1 KHz, si inverte la fase d'ingresso e si riaggiusta, sullo strumento, il controllo del bilanciamento per il più piccolo valore indicato.

A questo punto si fa variare la frequenza, dal valore utile più basso fino a 3 KHz circa, prendendo nota delle letture di tensione in fase e non. Il rapporto di queste due tensioni viene espresso in decibels, e viene graficato in funzione della frequenza. Le curve così ottenute danno un'ottima idea della « bontà » di un amplificatore.

Un insieme di curve così fatte può essere ancora più istruttivo quando si cambiano le posizioni del controllo di volume e dei controlli di tono.

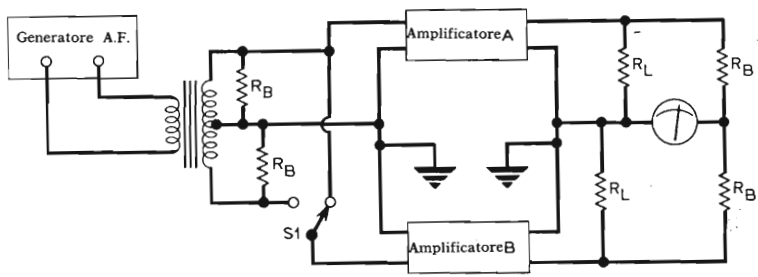


Fig. 10.1 Apparato per la misura del fattore di uguaglianza stereofonica, così come veniva consigliato nelle BS 3860: 1965. Rb = resistenze di bilanciamento, Rl = resistenze di carico variabili per i diversi apparecchi di prova.

Gli amplificatori con un buon rapporto complessivo tra i canali, su un'ampia gamma di frequenza, sono ben pochi. Quando vengono impiegati controlli accoppiati, le differenze di resistenza ottenute ruotando, e spostando linearmente, la manopola possono essere molto significative, e queste misure possono aiutare a risolvere almeno una parte del problema. Un avvertimento: gli amplificatori provvisti di un controllo per il bilanciamento richiedono più attenzione: per ogni lettura il controllo del bilanciamento va riaggiustato sulla posizione minima, e per ciascun gruppo di figure o curve va specificata opportunamente la correzione in decibels.

I fattori in comune

Da quanto detto sopra, qualche anima candida potrebbe essersi convinta che la manutenzione dell'impianto stesso non è poi così banale come potrebbe sembrare. Oltre alle particolari cure dovute all'amplificatore, bisogna considerare anche il difficile problema della decodifica stereofonica nei sintonizzatori, la separazione, e i fattori ad essa connessi nell'abbinamento braccio-testina, e non ultime le differenze nell'adattamento degli altoparlanti. Anche se sarebbe preferibile non avere la stanza d'ascolto acusticamente simmetrica, le differenze fra gli altoparlanti possono disturbare l'ascolto in maniera insospettabile.

Ciononostante esistono dei fattori comuni che, pur coinvolgendo tutti e due i canali contemporaneamente, non possono essere trascurati. Il primo fattore comune è, molto spesso, l'alimentatore.

Prendendo ancora il caso dell'amplificatore, la sezione alimentatrice converte la corrente alternata (a.c.) di rete che entra, in opportuni valori di corrente continua (d.c.), per poi smistarla, attraverso gli elementi di sdoppiamento, a ciascun canale, in maniera tale da fargli ricevere la stessa tensione.

E se le cose stessero sempre così sarebbe veramente bello. Ma le richieste di corrente di ciascun canale possono variare sia in tempi lunghi che brevi.

Un amplificatore in classe B, senza nessun segnale in ingresso, assorbe solo pochi milli-ampere di corrente di riposo, ma quando deve pilotare un « pieno » orchestrale la sezione alimentatrice deve poter fornire anche un paio di ampere. E nel frat-

tempo l'altro canale può aver bisogno di una intensità di corrente abbastanza diversa.

Se l'alimentazione non è regolata più che bene — e sugli amplificatori odierni d'alta qualità questa è ormai una cosa assodata — le variazioni di corrente fanno variare le tensioni continue dei due canali rispetto al loro livello normale, e anche la tensione totale disponibile varia a seconda delle variazioni complessive.

E questo mi porta ad affermare una cosa di cui potrei un giorno pentirmi... ogni banco di prova dovrebbe avere una sua alimentazione stabilizzata e regolabile, con la possibilità di ero-

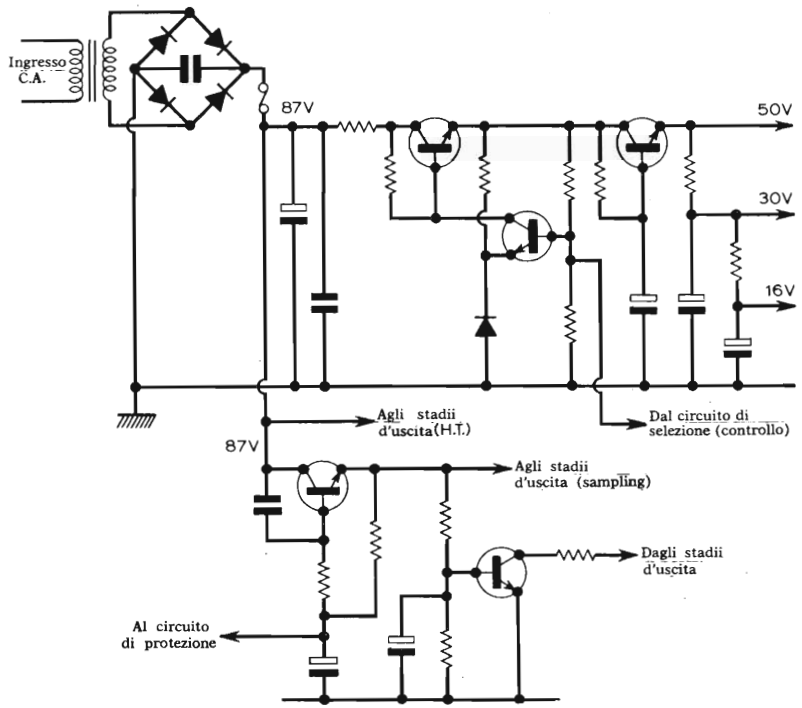


Fig. 10.2 Le alimentazioni dei moderni amplificatori sono spesso abbastanza complicate. Questo schema della Sony relativo ad un sinto-amplificatore richiede quattro alimentazioni separate per i vari stadi, con la sezione finale alimentata « solo » con c.c. e con i vari circuiti di selezione e di protezione.

gare la massima corrente necessaria nei casi in cui si lavora con tensioni molto alte.

Ma le correnti massime possono arrivare a 3 ampere o più, mentre con gli ultimi dispositivi le tensioni cui si lavora diventano sempre più alte; quindi il costo per l'attrezzatura di un tavolo da lavoro siffatto sarebbe abbastanza proibitivo, tranne che per i laboratori di ricerca ben attrezzati.

Il bisogno del compromesso porta a fare o a comprare quelle cose che riescono ad eseguire almeno una parte del lavoro, sperando che non ci sarà bisogno di lavorare su molti amplificatori d'alta potenza.

L'uso di alimentazioni separate — ciascun canale alimentato con un'uguale tensione ma con nessun ritorno in comune — pur avendo alcuni vantaggi in quanto eliminano le perdite di alimen-

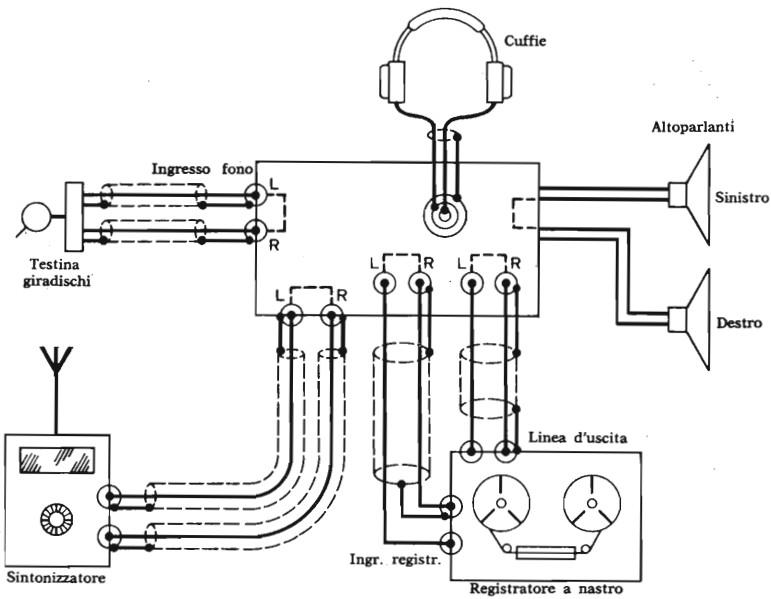


Fig. 10.3 Esempio schematico dei collegamenti di un impianto Hi-Fi. Da notare la mancanza di collegamenti in parallelo per i fili schermati (tratteggiati) tranne che all'uscita dell'amplificatore; inoltre anche i collegamenti fra le prese terra di entrata e di uscita (entrambe fastidiose) sono accuratamente evitate.

tazione non uniformi, possono dar luogo ad ulteriori complicazioni. Oggi, per fare dei test adeguati, c'è bisogno di usare due alimentazioni simili.

Alcune regole pratiche

I lettori poco esperti possono essersi impauriti per queste ultime affermazioni, ma fatemi dir loro che spesso, senza ricorrere al tecnico, si possono fare delle prove molto semplici; e facendo delle « indagini preliminari » per proprio conto si possono risparmiare molti soldini.

Con pochi controlli e un po' di ragionamento potrete chiarirvi i dubbi relativi ad eventuali guasti, e risalire al componente — sorgente, amplificatore o diffusore — che introduce certi fastidi.

In Fig. 10.3 è illustrato un esempio di come vengono effettuati i collegamenti di un impianto hi-fi; il giradischi, il sintonizzatore ed il registratore costituiscono la sorgente per l'amplificatore, mentre sull'uscita sono attaccati una cuffia ed un paio di diffusori.

Sfortunatamente, però, le cose non sono così semplici come abbiamo visto: le connessioni possono non essere separate, e il tuner e l'amplificatore possono essere accoppiati, così come possono essere accoppiati tutti i componenti, tranne le cuffie e i diffusori. Ma non tutto è perduto. Almeno i diffusori sono separati. Quindi prima accendiamo l'impianto, lo predisponiamo per il segnale stereofonico, e ascoltiamo attentamente, finché non siamo sicuri che il difetto, qualunque esso sia, è abbastanza evidente; così facendo possiamo capire quale dei due canali è difettoso.

Spegnete e invertite le connessioni dei diffusori all'amplificatore. Riaccendete e ascoltate. Se il difetto sta ancora sullo stesso canale, il « colpevole » è chiaramente l'altoparlante. Per accertarvene meglio, mettete l'amplificatore su mono, e controllate che il bilanciamento sia ben messo in modo che a ciascun diffusore arrivi lo stesso segnale. Ora ascoltate di nuovo, ricollegate i diffusori come stavano prima, e controllate che da ciascun diffusore esca lo stesso suono.

Per completare la prova, ricollegate gli altoparlanti così com'erano all'inizio e scambiate i diffusori, lasciandoli collegati come

all'inizio. Adesso, se il difetto sta proprio nell'altoparlante, il disturbo si sarà spostato dall'altra parte.

A questo punto è bene che vi avverta su alcune cose. Primo: non fate mai queste prove quando l'impianto è acceso — i segnali improvvisi d'alto livello possono rovinare gli altoparlanti, anche se prima questi godevano di ottima salute; i corto-circuiti sui morsetti d'uscita possono rovinare gli amplificatori non provvisti di protezione, e i danni in questi casi possono costare parecchio. Secondo: se il difetto è di quelli molto particolari, tipo « un suono non proprio buono », assicuratevi che non dipenda dall'acustica della stanza ed effettuate una prova d'ascolto dopo aver portato i diffusori all'aria aperta.

L'uso della cuffia durante le misure di prova stereofonica può essere molto utile. In genere, il costruttore effettua i collegamenti in modo che il cavo d'entrata abbia i canali disposti in maniera uguale a come stanno sulla presa per la cuffia, anche se questa non è una regola generale. Se uno non sa quale canale sia quello destro o sinistro, basta ruotare il controllo di bilanciamento. L'ascolto binaurale dell'impianto (vedi capitolo 1) ci permette di determinare bene le eventuali differenze fra i canali.

Nel caso che i diffusori e i loro capi siano fuori discussione, il passo successivo consiste in alcune facili prove sull'amplificatore. Se, come in Fig. 10.3, disponiamo di più di una sorgente, il nostro compito è molto facilitato; meglio ancora se una delle sorgenti è un registraotre con i controlli d'uscita separati.

Quando le connessioni sono separate, come succede con le prese fono, la prova più facile consiste nell'applicare separatamente un segnale a ciascun canale. Fate attenzione, di nuovo, che l'apparecchio sia spento, oppure prima di cambiare le connessioni dei segnali-sorgente abbassate tutto il livello del volume. Se con il segnale d'ingresso comune entrambi i canali suonano allo stesso modo, vuol dire che il problema è un po' più delicato.

La commutazione dei canali

Un registratore stereofonico ha di solito il vantaggio che ciascun canale può essere registrato separatamente. Supponiamo allora che il difetto sia una perdita di volume o una violenta distorsione su un canale. Abbiamo controllato i diffusori e, passando da stereo a mono, abbiamo visto che il guasto sta a monte

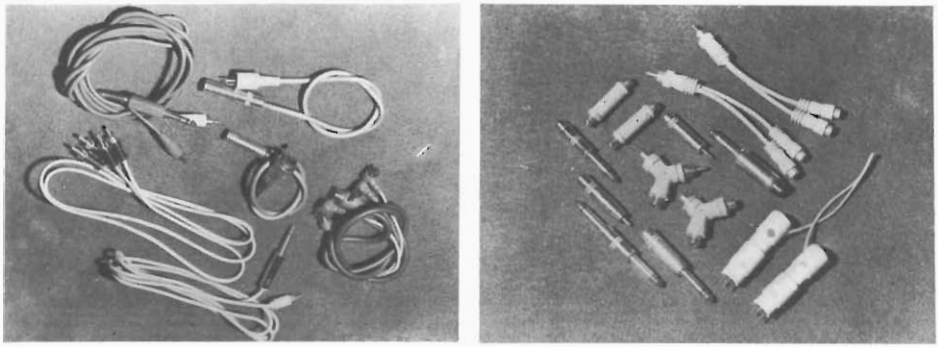


Fig. 10.4 Alcune delle prese e spinotti con cui si ha a ch fare nei collegamenti stereo. Particolarmente utili sono i cavetti già preparati nelle varie misure e combinazioni.

dell'interruttore mono/stereo. Se, passando su mono, il difetto scompare, e il suono uscente da ciascun canale è lo stesso, anche qualitativamente, vuol dire che entrambe le sezioni finali stanno a posto. Se, invece, con l'amplificatore su mono, c'è ancora distorsione o perdite di segnale, è certo che il guasto va ricercato nelle sezioni finali, e abbiamo così localizzato ancora una volta il guasto.

Supponiamo adesso di avere una sorgente, come un sintonizzatore o un giradischi, e anche un registratore, e di averli collegati all'impianto. Se colleghiamo questa sorgente all'amplificatore e notiamo il guasto, possiamo riprodurre quest'ultimo attraverso l'amplificatore, usando un nastro di buona qualità. Se si riscontrano ancora dei disturbi, allora il guasto sta nell'amplificatore, e precisamente fra l'ingresso d'alto livello e l'interruttore mono/stereo. Questa prova può essere fatta anche con spine e prese di tipo DIN.

Supponiamo ora che il nastro vada bene, e l'altra sorgente non funzioni a dovere. Ci sono due possibilità: o è guasta la sorgente o non funziona lo stadio d'ingresso dell'amplificatore principale. Se c'è la possibilità di attaccare allo stesso ingresso più di una sorgente (come accade spesso con le prese DIN ed i collegamenti della radio o del registratore) è possibile « provare » di nuovo l'amplificatore cambiando i collegamenti della sorgente. Si tratta però di un test non conclusivo.

Nel caso peggiore, quando è uno dei canali del giradischi che non va, il guasto può stare: a) nella puntina; b) nella testina; c) nei morsetti di collegamento; o d) nel preamplificatore. C'è anche un'altra possibilità: che sia guasto l'interruttore.

Alcune prove particolari

Con ogni probabilità il purista non mi perdonerà il fatto che io suggerisca certe cose, comunque resta il fatto che è possibile « mettere alla prova » l'amplificatore applicando segnali di disturbo alla presa d'ingresso. Anche qui, lo ripeto, fate molta attenzione! Come si è già visto la presa d'ingresso « phono » dell'amplificatore è la più sensibile. Basta un movimento brusco della puntina, con il volume al massimo, per far schizzare via gli altoparlanti. Quindi usate molta prudenza se proprio dovete utilizzare i consigli che seguono.

Se gli ingressi sono di tipo fono o a « cinch » collegate a turno una spina a ciascuna presa dell'amplificatore, abbassando il volume ogni volta che ripetete l'operazione. Noterete che se l'amplificatore è a posto, il suono sarà ogni volta lo stesso. Se il giradischi è difettoso, quando inserite una spina otterrete un suono del tutto normale, mentre con l'altra il suono metterà in evidenza un chiaro difetto.

La vita però riserva sempre dei problemi. È meglio usare un connettore DIN pentapolare, e tutto sommato, se volete una buona separazione tra i canali è consigliabile usare il saldatore (esistono in commercio alcuni spinotti con i piedini già predisposti e con la possibilità di scambiare questi ultimi tra loro; proprio l'ideale per gli amatori).

Non vi scoraggiate se non potete farlo — potete ancora provare l'amplificatore inserendo sulla presa del giradischi (o su un altro ingresso) un segnale che causa ronzio.

Se osservate bene la presa dove entra la spina, noterete che i 5 piedini sono disposti ad arco. Immaginate ora che l'arco sia messo sottosopra — come un sopracciglio rivoltato (vedi Fig. 10.5). In questa configurazione il buco a sinistra è quello relativo al canale sinistro della testina, quello successivo è il canale destro e quello centrale, subito dopo, è la massa comune.

Adesso, con un po' di ingegnosità non vi sarà difficile rimediare un oggetto appuntito, una spilla da balia o l'estremità di

una graffa per infilarlo dentro i vari buchetti. Ripeto il consiglio di prima: non toccate se il controllo di volume non sta sul minimo. Dopo esservene assicurati, inserite il vostro generatore di ronzio improvvisato — in realtà siete « voi » all'estremità del piedino — dentro il buco sinistro. Ora aumentate gradualmente il volume. Non dovreste mai girarlo oltre un terzo del valore massimo prima di sentire un ronzio. Un ronzio abbastanza apprezzabile. Se non avvertite niente, azzerate il volume e fate un altro tentativo. Ripetete la stessa cosa con l'altro canale, ricordandovi di abbassare, dopo ogni prova, il volume.

Questo test dovrebbe verificare lo stato di salute del vostro amplificatore, anche se non può dirvi nulla sulla distorsione. Però abbiamo ancora un colpo da sparare! Dietro la testina ci sono tre o quattro connessioni colorate o comunque segnate in modo

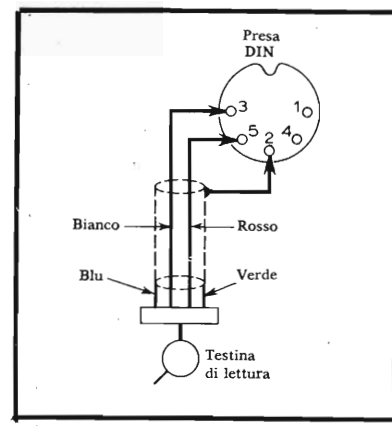


Fig. 10.5 I collegamenti per la presa d'ingresso del giradischi come da norme DIN 45.507. La codifica dei colori che distinguono i cavetti della testina non è stata ancora stabilita definitivamente, ma in genere i colori sono quelli mostrati qui sopra.

da poter distinguere i canali. Se un canale funziona bene e l'altro no, possiamo commutare semplicemente le connessioni della testina e controllare se il guasto sta nella testina o nella puntina.

La Fig. 10.5 mostra la codifica usata normalmente per i colori, con i numeri dei piedini corrispondenti. Bisogna ricordare però che la disposizione dei piedini non è sempre la stessa.

La tecnica consiste nel togliere le connessioni con una certa attenzione — agite sempre sulla presa metallica, mai sul filo, che è molto delicato. Poi, per verificare i cavi di connessione fra pick-up e amplificatore, applicate la tecnica per il ronzio come

avete fatto prima. Se il problema consisteva nella perdita o mancanza di segnale, siamo ora in grado di affermare che la testina è guasta, ma se il difetto non è così appariscente (una distorsione, un rumore intermittente o altro) allora possiamo « provare » il canale invertendo le connessioni di destra e di sinistra della testina.

Dopo aver localizzato con sicurezza il guasto nella testina, rimane da verificare la puntina, e qui non posso fare altro che raccomandarvi di rivolgervi, per il ricambio, ad un rivenditore di fiducia. In questo caso il ricambio potrebbe essere la versione economica della testina buona che possedete. Oppure, se usate normalmente una puntina di diamante, potreste metterne una di zaffiro.

Nel migliore dei casi l'appassionato può aver bisogno di una testina di ricambio già montata su un secondo porta-testina (vedi cap. 8 per le note sulla taratura del giradischi).

L'approccio professionale

Da quanto detto sopra avrete capito che con un minimo di nozioni e ragionandoci sopra è possibile fare una revisione preliminare dell'apparecchio abbastanza completa.

Mi è capitato spesso di sentire dai miei clienti frasi tipo: « certo, con tutti i suoi strumenti, è facile per lei ». La verità è che il professionista effettua molte delle prove iniziali di cui abbiamo parlato prima, quasi istintivamente.

Dopo aver localizzato il guasto, o verificato che c'è, ricorre ai suoi strumenti, e da quel momento in poi il suo lavoro consiste nel controllare le specifiche fornite dal costruttore. Per concludere degnamente questo capitolo dobbiamo vedere quali sono i criteri adottati dai tecnici specializzati, di quali strumenti hanno bisogno e qual'è la procedura seguita per fare le prove.

Mi sento molto obbligato con R.E.B. Hickman, direttore di Radio and Electrical Retailing, il quale mi ha dato il permesso di pubblicare le note che seguono, apparse sui numeri di maggio e aprile 1973 della sua ottima rivista.

La strumentazione

Per effettuare le prove audio c'è bisogno di: 1) una buona sorgente di segnale, 2) alcuni strumenti per misurare il segnale

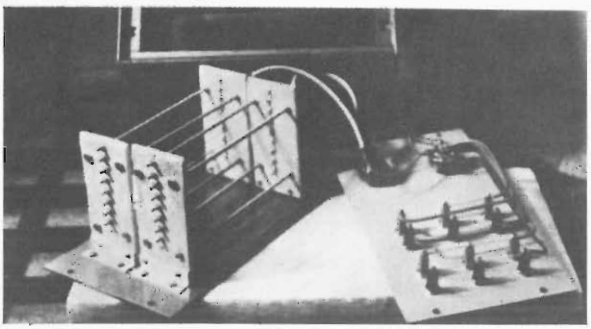


Fig. 10.6 Per tutti i test audio c'è bisogno di un'opportuna resistenza di carico. Questa può essere come quella illustrata in figura: la particolare struttura permette di inserire varie resistenze, su uno o entrambi i canali, e (in un modello successivo) di interrompere il circuito quando c'è da misurare il fattore di smorzamento; inoltre è possibile inserire anche un carico capacitivo in parallelo per simulare più realisticamente alcune situazioni soggettive particolari, come il carico di un altoparlante elettrostatico. Oppure può essere costituito da più resistenze di alto vattaggio collegate fra loro. Qualcuno preferisce usare un semplice reostato ad alta tensione, controllando costantemente il valore della resistenza, della corrente che passa e della temperatura. Tutti i gusti sono gusti!

amplificato e per confrontarlo con quello originale, 3) un modo per scoprire la presenza di segnali non voluti, 4) strumenti che oltre alla rilevazione delle misure permettono di visualizzare il segnale, e 5) nel caso di registratori, di un modo per misurare le deviazioni dalla velocità nominale.

Per gli scopi audio la sorgente del segnale (1) deve stare entro la banda udibile e, se necessario, deve poter andare anche oltre, sia in frequenza che in livello d'uscita. Essa deve poter variare, ma, una volta fissata, deve restare costante, in modo che sia possibile effettuare misure su periodi di tempo brevi. Lo strumento usato è un generatore di segnali. Il suo segnale può essere una sinuoide pura oppure un'onda quadra, ed è usata spesso insieme ad uno oscilloscopio.

La frequenza del segnale deve variare con continuità da zero — o molto vicino allo zero — a più di 100 KHz. Al variare della frequenza, il generatore deve conservare immutato il suo livello d'uscita.

Allo stesso modo, se posizionato su una certa frequenza, la

variazione della tensione d'uscita non deve alterare quella frequenza.

Un tipico generatore di segnali può fornire un'uscita compresa fra i 3 mV e i 3 V circa, e la sua gamma di frequenza può andare dai 15 Hz ai 150 KHz. In questo intervallo di frequenze l'uscita varia entro 0,2 dB — che significa una variazione di tensione di una parte su mille, a qualsiasi frequenza.

L'adattamento

Anche l'impedenza d'uscita ha la sua importanza. L'impedenza (resistenza a.c.) deve essere mantenuta bassa, — per fare sviluppare tutto il segnale disponibile sul carico — il quale rap-

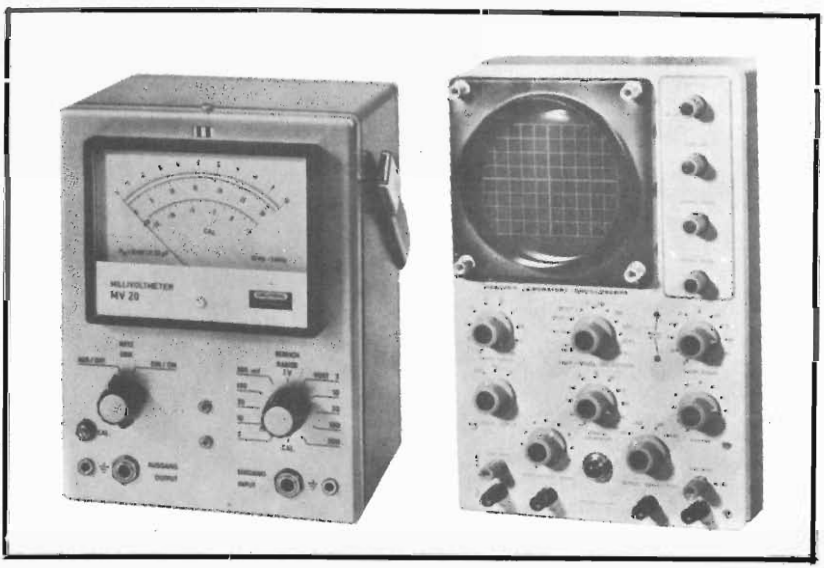


Fig. 10.7 Un buon millivoltmetro è essenziale. Il Grundig MV20 (a sinistra) è un modello che va bene sia per usi amatoriali che per il tecnico esperto. Anche l'oscilloscopio è molto prezioso per le misure, tuttavia esso non deve essere considerato uno strumento di laboratorio essenziale per le misure audio, anche perché in questo tipo di applicazioni quello che interessa non è tanto la misura che si può fare sulla traccia visualizzata quanto il controllo di un segnale misurato. L'autore si è servito, per molti anni, di un modello come quello presentato in figura (a destra), il Heatkit OA-18.

presenta il circuito d'ingresso dell'amplificatore o dell'apparecchio in questione.

È per questo che sui morsetti non chiusi del generatore di segnali si sviluppano tensioni più alte, e che le specifiche del generatore comprendono anche la messa a punto dell'attenuatore il quale fa variare l'impedenza d'uscita.

Per i generatori molto buoni questa impedenza d'uscita si mantiene sempre sotto i 600, per qualsiasi valore della frequenza. Anche se l'impedenza d'uscita assoluta dipende dall'attenuatore, essa sarà sempre più piccola di quella di un qualsiasi circuito da alimentare, e quindi non si noteranno mai variazioni di tensioni apprezzabili.

Spesso è necessario immettere in un circuito tensioni anche minori di 3 mV. In questi casi si può costruire un attenuatore esterno adatto allo scopo, facendo attenzione però al ronzio e al rumore del pick-up.

Anche nel collegamento fra il generatore e gli apparecchi da

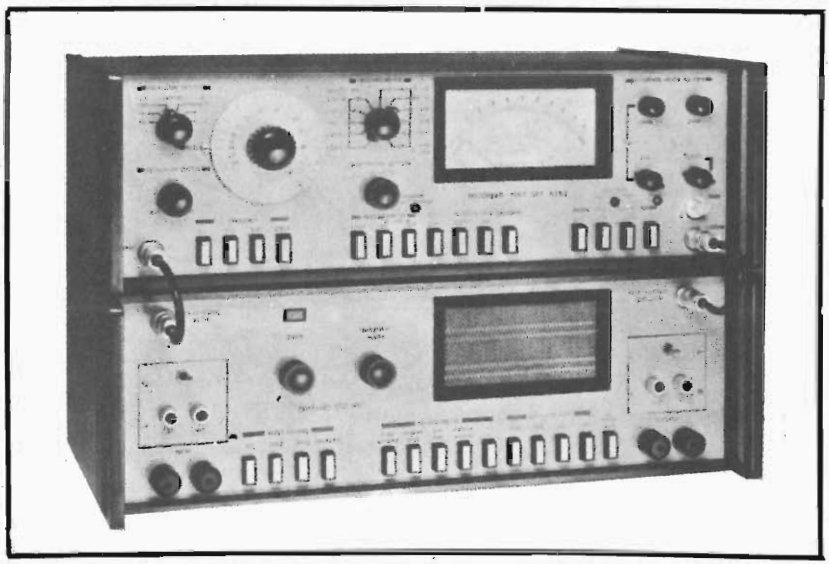


Fig. 10.9 Uno strumento audio molto completo per usi professionali è il Ferrograph RTS2, che riunisce in sé un generatore di segnali, un millivoltmetro, un distorsiometro ed un misuratore del wow e flutter. Qui lo vedete insieme ad un apparecchio ausiliario complementare.

provare bisogna prendere le dovute precauzioni. È facile che al segnale si aggiungono ronzii e rumori. È necessario assicurarsi che i cavi di collegamento siano ben schermati, e che le spine e le prese siano pulite e ben salde. L'unica linea di ritorno all'apparecchio deve essere quella di « massa ». Sono da evitare in ogni modo le sorgenti di ronzio.

Riassumendo: il generatore di segnali deve fornire una sinusoide controllata a bassa impedenza, e la sua frequenza non deve variare cambiando i livelli d'uscita, così come non deve cambiare, se non entro limiti molto ristretti, l'uscita in funzione della frequenza. La « purezza » dell'uscita deve essere migliore della distorsione aspettata per l'apparecchio in considerazione.

Il sistema di lettura

I mezzi per misurare il segnale (2) possono essere i dispositivi di lettura digitale o analogica, oppure lo schermo dell'oscilloscopio. Lo strumento per scopi generali è, ovviamente, il millivoltmetro. Esso deve essere in grado di leggere i bassi valori d'uscita del generatore di segnali (perché queste uscite devono essere controllate se si devono fare delle prove valide) e i valori di tensione relativamente alti sui carichi degli altoparlanti.

Come il generatore di segnali, anche il millivoltmetro deve avere una risposta in frequenza sensibilmente piatta. La sua lettura, cioè, non deve variare di più di $\pm$ 0.2 dB su tutta la gamma di frequenza (di solito un po' oltre la gamma del generatore cui è associato).

La precisione dell'indicatore è determinata in parte dal movimento stesso dell'aghetto, in parte dal circuito raddrizzatore che converte la tensione alternata che gli arriva in corrente continua che va a pilotare l'indicatore, e infine dal preciso attenuatore incorporato, il quale adatta l'ingresso del millivoltmetro al segnale che sta leggendo.

Per riuscire a realizzare uno strumento di misura con una precisione molto buona su un intervallo di frequenze molto ampie e con escursioni di tensione accettabili, bisogna sempre arrivare a dei compromessi. La precisione di un buon millivoltmetro su un intervallo di frequenze di 20-20.000 Hz è intorno al 2% del valore di fondo scala.

La sensibilità dovrebbe essere compresa, possibilmente, fra

1 mV e 100 V, e l'attenuatore d'ingresso è fatto in modo tale da coprire questa variazione con passi di 10 dB. I passi in decibel sono utili in quanto si avvicinano di più alle condizioni d'ascolto vere, e ci permettono di utilizzare variazioni di livello abbastanza ampie entro un campo di indicazioni ragionevole.

Ad esempio: 100 dB rappresenta un rapporto di livelli di tensione di un milione a uno.

La comodità

Per avere la possibilità di leggere direttamente le variazioni rispetto ad un certo livello di riferimento, conviene tarare la scala dello strumento sia in millivolts che in decibels.

Il Ferrograph RTS 2, per esempio, ha le scale tarate in questo modo, ma è dotato anche di un attenuatore per il milli-

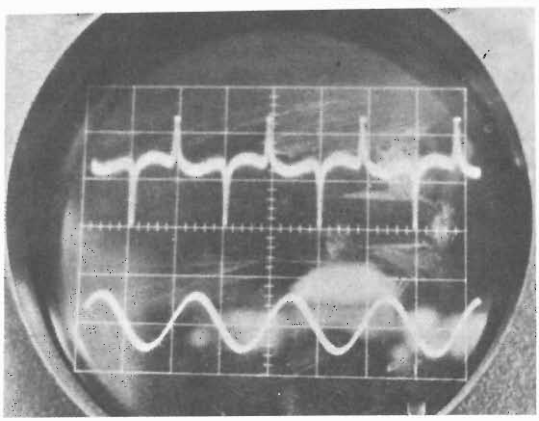


Fig. 10.9 Un oscilloscopio a doppia traccia ha il vantaggio di poter confrontare le tracce. Qui viene mostrata la distorsione di incrocio prodotta da un amplificatore cui era stato inviato un segnale da IkHz e che forniva solo 100mW su 8 Ohm. Si è effettuato un taglio sulle basse frequenze per comodità di visualizzazione. La traccia di sopra fa vedere i « picchi » residui che permangono dopo aver rimosso le altre frequenze, mentre la traccia di sotto mostra la sinusoide non filtrata.

Per l'occhio esperto questa traccia è un indizio di distorsione di incrocio, che viene messa in evidenza dalla traccia filtrata del canale superiore di un oscilloscopio a doppia traccia.

voltmetro e di un generatore di segnali i cui interruttori sono fatti in modo che ad ogni scatto corrisponda una variazione di 10 dB; in questo modo fare le misure diventa una cosa molto facile.

Così come l'impedenza d'uscita del generatore doveva essere piccola per evitare di disturbare il circuito su cui veniva attaccato, allo stesso modo l'impedenza d'ingresso del millivoltmetro deve essere alta per evitare che esso influisca in qualche modo sul circuito dove va effettuata la misura. L'RTS 2 già menzionato, ha un'impedenza d'ingresso di 2M Ω circa; in questo modo lo strumento può essere usato senza problemi per i vari circuiti da provare, e la lettura che si fa da valori reali.

I segnali non voluti sono causa di distorsione. Questi segnali possono essere ronzii provenienti dall'alimentazione dell'amplificatore, rumori dovuti a collegamenti difettosi, rumore termico prodotto da valvole o transistors oppure cambiamenti della forma d'onda dovuti ad anomalie di progetto. È necessario misurare la quantità di segnale non voluto presente nel sistema d'amplificazione, anche per le implicazioni che esso comporta nell'analisi complessiva del circuito. Questo comprende i punti (3) e (4) del sommario iniziale.

La distorsione

Lo strumento usato per la misura (3) è il distorsiometro. Esso sfrutta l'idea di mandare un certo segnale pulito all'ingresso dell'amplificatore, nel leggere il valore all'uscita, nello scartare l'armonica fondamentale del segnale inviato e nel misurare ciò che rimane. Naturalmente affinché questa misura abbia senso il generatore di segnali che fornisce il tono iniziale deve avere una distorsione intrinseca minore di quella da misurare; inoltre lo strumento con cui si rilevano le componenti rimaste deve poter leggere al di sotto dei soliti intervalli e la lettura deve essere molto accurata.

Nella pratica si usa il segnale del generatore, facendo le misure su un intervallo di frequenze ristretto e inserendo tra questo e l'amplificatore in prova un filtro accordato. Tale filtro elimina la frequenza fondamentale, lasciando da leggere allo strumento solo le armoniche combinate.

Leggiamo così la distorsione armonica totale (THD, Total

Harmonic Distorsion), la quale può essere espressa come una percentuale del segnale totale.

« Pesato » è un termine che si incontra spesso nelle misure audio. Una misura « pesata » è quella nella quale si fa uso di filtri che compensano le condizioni non lineari riscontrate nella realtà. Le nostre orecchie, per esempio, sono molto più sensibili alle frequenze medie che non alle basse e, soprattutto, alle alte. Quindi il « pesare », che permette di variare la curva di risposta, consiste nel filtrare il segnale applicato o indicato per ottenere letture normalizzate a valori standard predeterminati.

Nel RTS 2 il tipo di « pesatura » è abbastanza semplice. Esso è dotato tra l'altro di un interruttore per eliminare il ronzio e le componenti di bassa frequenza (la frequenza di taglio è di 400 Hz). Ciò fa sì che i toni di bassa frequenza non mascherino le distorsioni d'alta frequenza, che sono molto più sottili e problematiche.

La visualizzazione

La condizione (4) viene realizzata munendosi di una presa d'uscita che permetta il collegamento con un oscilloscopio; così il segnale letto sullo strumento può essere visualizzato sullo schermo, e uno può controllare la purezza del segnale di prova, confrontandolo con il segnale d'uscita: in questo modo si può vedere la forma d'onda della distorsione residua, oltre che analizzarne il contenuto.

Alcune forme di distorsione armonica sono molto meno tollerabili di altre. Per esempio, la distorsione di seconda armonica, essendo l'ottava della fondamentale, dà origine ad un effetto di « duplicazione », tanto intenso da risultare insopportabile certe volte; le armoniche dispari di ordine superiore — la settima, l'undicesima e la tredicesima — sono molto dure per l'orecchio, e anche una piccola percentuale di esse può dare fastidio.

È utile poter analizzare oltre che misurare la distorsione armonica.

Per i registratori il discorso è diverso, in quanto essi comprendono non solo i circuiti d'amplificazione già menzionati, ma anche la possibilità di trasportare il nastro, che può variare la sua velocità — a breve e a lungo termine. Pertanto abbiamo bisogno di misurare in qualche modo le deviazioni della velocità vera e la

percentuale delle variazioni cicliche che possono disturbare il contenuto del brano registrato.

Questa condizione (5) si realizza generando segnali a frequenza fissa, controllati con precisione, intorno ad una frequenza dove l'orecchio umano è più sensibile. Questa frequenza — circa 3 KHz — viene registrata prima su nastro e poi riprodotta.

Le variazioni di velocità causeranno cambiamenti dei picchi

Fig. 10.10 Nei moderni impianti stereofonici i danni causati dall'eccessivo riscaldamento sono molto frequenti ed è bene poter controllare la temperatura di una certa sezione del circuito. Gli aerosols congelanti, se ben usati, possono aiutare parecchio nella ricerca del guasto.

sonori che confrontati con la frequenza fissa di riferimento, danno dei valori da cui si ricava la percentuale di deriva dalla velocità nominale, oppure, dopo opportune elaborazioni, la variazione percentuale a breve termine, il wow e flutter. Contemporaneamente si può visualizzare il segnale che si sta controllando; la presa dell'oscilloscopio del Ferrograph RTS2, ad esempio, fornisce un segnale di 3V.

Spesso per controllare il wow e flutter conviene usare un segnale già registrato. Ci sono molti nastri prova in commercio per questo tipo di misura. L'uscita del nastro prova viene confrontata col tono fisso del generatore. I meccanismi del giradischi possono essere confrontati con lo stesso procedimento usando dischi pre-registrati contenenti intervalli di frequenze limitati.

I metodi per l'uso degli strumenti variano a seconda del tipo di misura e del tipo di apparecchi da controllare. Le istruzioni

del costruttore spesso danno un'idea convincente delle caratteristiche dell'apparecchio in prova. Ciononostante è bene riportare alcune regole di validità generale che spesso vengono prese per buone.

Le misure effettuate di solito sugli amplificatori sono: a) la potenza d'uscita; e) la sensibilità ed f) il rapporto segnale-rumore. Se dichiarate correttamente, queste specifiche possono determinare la qualità di quasi tutti gli apparecchi.

I test di laboratorio

La potenza d'uscita (a) è una misura della tensione che si sviluppa su un carico resistivo con una sinusoide continua, ad 1 KHz e ad un certo livello di distorsione. Il dato viene fornito in watt r.m.s. L'amplificatore deve avere il controllo di guadagno al massimo, i filtri controlli di tono in posizione « flat » (« piatta »).

Il livello di distorsione non viene dato sempre in percentuale, e qualche volta può essere riferito al « clipping » della forma d'onda, ovvero a quel livello per cui la sinusoide comincia a presentare un'appiattimento dei picchi, come si può controllare sull'oscilloscopio.

La larghezza di banda (b) è l'intervallo di frequenze entro cui l'uscita riesce ad essere maggiore del livello corrispondente a metà potenza (il valore di riferimento è sempre quello relativo ad i KHz).

Risposta in frequenza

Anche le misure della risposta in frequenza (c) vengono effettuate rispetto al livello ad 1 KHz, solo che questa volta il segnale d'ingresso sta 20 dB sotto il livello di picco stimato.

In base alle istruzioni fornite dal costruttore ciò si può ottenere diminuendo l'ingresso senza intervenire sul controllo di guadagno, oppure posizionando prima i controllo di guadagno sulla posizione « normale ». La specifica viene data in differenze di decibel rispetto al livello di riferimento e su una certa gamma di frequenze. Anche in questo caso i controlli di tono devono stare in « flat ».

La distorsione

La distorsione (d) è una combinazione di distorsione armonica totale e di distorsione di modulazione. In generale la distorsione consiste di rumori e variazioni non volute del segnale originale all'uscita; quando questa uscita viene confrontata col segnale d'ingresso, si può notare che il suono aggiunto consiste di un certo numero di forme d'onda di ampiezza variabile e di frequenza multipla (cioè armoniche) del segnale originale.

Musicalmente parlando la seconda armonica, che ha una frequanza doppia di quella del tono fondamentale, è più alta di un'ottava.

La terza armonica è spostata, rispetto all'ottava di un quinto, e siccome entrambe queste armoniche sono appunto « armoniose », l'orecchio le tollera molto di più che non le armoniche dispari

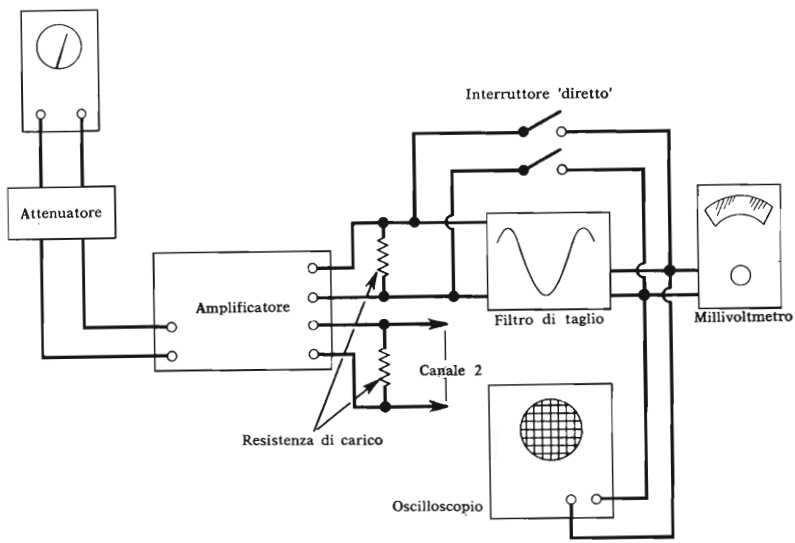


Fig. 10.11 Il procedimento per le misure richiede una disposizione « standard » degli strumenti. Col generatore si manda dentro un segnale, se é il caso attenuato, e per mezzo delle resistenze di carico, si misura la tensione che si sviluppa ai capi e controllando sull'oscilloscopio la traccia visualizzata, mentre un filtro opportuno elimina tutte le frequenze tranne quelle fondamentali per evidenziare la distorsione.

più alte, che sono infatti musicalmente discordanti. Anche porzioni relativamente piccole di settima, undicesima e tredicesima armonica riescono ad infastidire considerevolmente.

Queste armoniche possono essere prodotte da varie anomalie comuni e la misura viene fatta immettendo dentro l'apparecchio un segnale pulito noto, leggendo l'uscita dell'amplificatore e filtrando poi questo segnale fondamentale dall'uscita per avere solo l'insieme delle armoniche indesiderate.

L'analisi di queste ci permette di determinare quali armoniche siano quelle più fastidiose oltre che di mettere in evidenza eventuali altri difetti.

La distorsione di intermodulazione è la produzione indesiderata di suoni dovuti all'interazione reciproca di due o più frequenze, con effetti dannosi sulla linearità dell'amplificatore. Anche piccole percentuali di essa possono risultare fastidiose.

Per la misura si procede anche qui come prima: si mandano dentro segnali di prova, si filtra e si ottengono le componenti non volute.

Le prove con l'onda quadra

Con l'aiuto delle onde quadre è possibile mettere in evidenza e visualizzare sull'oscilloscopio altre distorsioni di vario tipo. Si tratta di uno speciale metodo per provare gli amplificatori, metodo che, come la misura della distorsione di intermodulazione menzionata prima, richiede uno strumento addizionale ed una maggiore attenzione.

Tutte queste prove di distorsione presentano degli elementi in comune: i controlli di tono dell'apparecchio in prova devono stare in « flat », ed il segnale applicato deve essere abbastanza al di sotto di quello necessario per avere l'uscita nominale, per evitare di sovraccaricare gli stadi d'ingresso e di far distorcere il preamplificatore (cosa che capita molto presto!).

Come per la misura della risposta in frequenza, può essere necessario mettere il controllo di volume al massimo e poi diminuire di 20 dB il guadagno d'ingresso rispetto al livello del segnale originario.

Tutto ciò viene fatto ad 1 KHz per avere un termine di paragone.

Le prove di distorsione vengono quindi effettuate come detto prima, ma si possono fare delle prove ulteriori in corrispondenza degli estremi della banda di risposta fissata, anche a potenze diverse. Spesso ne vengono fuori variazioni abbastanza significative e rivelatrici.

La sensibilità

Le misure di sensibilità vengono fatte anch'esse con l'amplificatore al massimo del guadagno, osservando qual'è il livello richiesto per avere un certo valore. Anche qui la frequenza di riferimento è quella d'ingresso, ma bisogna fare molta attenzione ai punti di sovraccarico delle sezioni preamplificatrici, soprattutto quelli sensibili, come ad esempio, l'ingresso magnetico del giradischi o quello dinamico del microfono.

Molto spesso conviene esprimere la sensibilità come un intervallo di tensioni comprese fra quella minima richiesta per ottenere l'uscita massima (col guadagno al massimo) e quella che causa un sovraccarico dell'amplificatore, come si nota abbassando il controllo di guadagno ed aumentando l'ingresso finché non si osserva il « clipping » della forma d'onda.

Una considerazione importante a proposito delle misure di sensibilità, valida soprattutto per gli ingressi microfonici, è che il circuito d'ingresso viene ad essere alimentato con una sorgente strettamente correlata a quella prevista dal progetto dell'apparecchio. Ciò significa come minimo un adattamento d'impedenza o, al peggio, la creazione di carichi induttivi o capacitivi spurii.

Comunque i costruttori indicano di solito nei loro depliant la tensione necessaria.

Il rapporto segnale-rumore

Il rapporto segnale-rumore si commenta da sé. Esso si ricava dal confronto del segnale d'uscita col rumore residuo che si genera nell'amplificatore dopo aver rimosso il segnale originale. Ma vediamo quali sono le limitazioni cui deve sottostare la misura.

Il « segnale » del rapporto è realmente segnale « più rumore » e viene espresso come rapporto in dB (tensione) del carico

nominale, con l'amplificatore pilotato alla sua potenza nominale e alla tensione presente sullo stesso carico in assenza di segnale.

Questo voltaggio è dovuto al ronzio e al rumore e spesso, per trascurare il ronzio, ne viene dato il valore « pesato ». In certe prove si fa uso di un filtro passa banda, per essere sicuri che il rapporto venga determinato ad 1 KHz e non, come dovrebbe essere, su tutta la banda passante.

Perché la prova sia corretta, bisogna osservare anche il carico d'ingresso, e per alcune misure si ricorre al corto circuito degli ingressi per la parte « rumore » del rapporto S/N.

Altre volte si ricorre a carichi con poco rumore, che devono essere schermati, se si vuole eliminare il rumore proveniente da sorgenti esterne, come succede molto spesso con gli ingressi ad alta sensibilità.

Le misure dei registratori

Per i registratori le misure comprendono sia quelle già viste che altre più specifiche. In primo luogo, siccome c'é una dipendenza con un mezzo che si sposta — il nastro — essi vanno controllati per quel che riguarda le fluttuazioni della velocità a lungo e breve termine.

Le variazioni di velocità a lungo termine si possono misurare come « deriva », usando un buon nastro prova la cui uscita (un tono di frequenza fissata) possa essere confrontata con un tono di riferimento. Le variazioni a breve termine producono variazioni « oscillanti » denominate « wow e flutter ».

Tali variazioni di velocità producono variazioni di tono che in qualche caso sono anche udibili, mentre quando sono abbastanza piccole e non percepibili vengono misurate modulando in frequenza con un tono opportuno.

Nel fare queste prove la considerazione più importante è che quello che si legge è il valore « vero ». Le registrazioni effettuate su un apparecchio difettoso, quando vengono riprodotte dallo stesso apparecchio, possono cancellarsi o sommarsi tra loro, dando luogo a risultati poco attendibili. Il rumore e la distorsione possono mascherare la lettura, quindi è bene che il segnale registrato sia ad un livello sufficientemente alto: anche i segnali d'uscita devono avere un livello che permetta loro di essere utilizzati

adeguatamente dagli strumenti di misura. Questi elementi si possono ricavare sia dalle istruzioni fornite dal costruttore, sia dal manuale dell'apparecchio con cui si effettua la misura.

Le misure dei registratori si possono raggruppare in due categorie: quelle relative alla registrazione e quelle della fase di riproduzione. Per misurare correttamente, uno riproduce prima un buon nastro noto, e misura il livello d'uscita, la risposta in frequenza, la distorsione fra i canali in riproduzione, e il rapporto segnale-rumore, sempre rispetto ai segnali di riferimento registrati sul nastro prova.

Tale nastro è molto prezioso e deve essere trattato e custodito con la massima cura.

Dopo aver fissato i canali di riproduzione del registratore, si fanno le misure per il controllo della sezione di registrazione.

Queste consistono nel mettere su un tratto di nastro vergine una copia del contenuto del nastro prova di prima. In termini di distorsione, e a seconda delle norme usate, la registrazione viene effettuata ad un livello che produca il 2% o il 3% di distorsione in riproduzione — un'operazione alquanto tediosa se fatta su apparecchi con un'unica testina di lettura-riproduzione.

Così com'è noioso il dover ripetere tutte le misure per ciascuna traccia e per tutte le velocità, dato che le differenze di equalizzazione (la compensazione di frequenza che elimina le ca-

Fig. 10.12 Le misure sono facilitate se si dispone di sistemi di « lettura » alternativi. L'autore ha sempre fatto affidamento sulle sue cuffie Hi-Fi Grundig 220, le quali sono dotate di spine tipo DIN in modo da poter collegare altri apparecchi di controllo.

ratteristiche non lineari della fase di registrazione) possono far variare di molto i valori letti.

Tuttavia se i risultati vengono rilevati con una certa semplicità, si possono ottenere dei grafici che anche a prima vista danno una buona stima delle prestazioni.

Precauzioni

Alle cose già menzionate vogliamo aggiungere qui altri consigli utili da seguire durante le misure, e cioè, evitare l'innesco di ronzii, le possibili sorgenti di rumore, i sovraccarchi, e di leggere valori falsati.

Ciò implica una maggiore attenzione nell'effettuare i collegamenti con un solo filo di massa; nel fare attenzione a che gli ingressi e le uscite abbiano il giusto carico, nel controllare che i livelli e i controlli siano disposti adeguatamente, e nel controllare visivamente i risultati delle misure per essere certi che il segnale richiesto non venga « deturpato » dalle armoniche o dal rumore.

La misura degli apparecchi audio richiede, prima di tutto, un certo numero di strumenti di cui ci si possa fidare; in secondo luogo una certa dose di buon senso. Ci sono delle norme che possono essere applicate: sfortunatamente essere differiscono da un paese all'altro, e si sta ancora cercando, lentamente in verità, di fissarle definitivamente.

Tuttavia, se uno stabilisce le condizioni delle misure da fare, le note precedenti possono essere considerate valide. Dalla loro lettura e dalle informazioni contenute nei manuali per l'uso degli strumenti non dovrebbe essere difficile arrivare a poter controllare le specifiche della maggior parte degli apparecchi audio.

Partendo da una accurata analisi dei vari sistemi di registrazione e riproduzione del suono stereofonico L'Autore, il famoso H.W. Hellyer, ci suggerisce tutte le possibilità per un razionale sfruttamento delle moderne apparecchiature. Il volume è completato da una accurata descrizione della natura del suono ed una ricerca storica sulla stereofonia.

L. 7.900